



TUGAS AKHIR - TM 090340

**RANCANG BANGUN SISTEM INJEKSI SEPEDAMOTOR
GAS (WISANGGENI) DENGAN MENGGUNAKAN d'ECU
(D3 TEKNIK MESIN ELECTRONIC CONTROL UNIT)
SEBAGAI PLATFORM PENGEMBANGAN ECU INJEKSI
SEPEDA MOTOR GAS**

**LUHUR BUDINURMANTO
NRP 2111 030 059**

**Dosen Pembimbing
Hendro Nurhadi, Dipl.Ing., Ph.D.
NIP. 197511202002121002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT - TM 090340

**INJECTION SYSTEM DESIGN MOTORCYCLE GAS
(WISANGGENI) USING d' ECU (D3 TEKNIK MESIN
ELECTRONIC CONTROL UNIT) PLATFORM IN THE
DEVELOPMENT OF MOTORCYCLE GAS INJECTION ECU**

**LUHUR BUDINURMANTO
NRP 2110 030 014**

**Academic Supervisor
Hendro Nurhadi, Dipl.Ing., Ph.D.
NIP. 197511202002121002**

**PROGRAM STUDY DIPLOMA III
DEPARTEMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
Faculty Of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2015**

**RANCANG BANGUN SISTEM INJEKSI SEPEDAMOTOR
GAS (WISANGGENI) DENGAN MENGGUNAKAN d'ECU
(D3 TEKNIK MESIN ELECTRONIC CONTROL UNIT)
SEBAGAI PLATFORM PENGEMBANGAN ECU INJEKSI
SEPEDA MOTOR GAS**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Bidang Studi Manufaktur
Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
SURABAYA

Oleh :

LUHUR BUDINURMANTO
NRP. 2111030059

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Hendro Nurhadi, Dipl.Ing., Ph.D. (Pembimbing)
NIP. 19751120 200212 1 002



**SURABAYA
JANUARI 2015**

RANCANG BANGUN SISTEM INJEKSI SEPEDA MOTOR GAS (WISANGGENI) DENGAN MENGGUNAKAN d'ECU (D3 TEKNIK MESIN ELECTRONIC CONTROL UNIT) SEBAGAI PLATFORM PENGEMBANGAN ECU INJEKSI SEPEDA MOTOR GAS

Nama Mahasiswa : Luhur Budinurmanto
NRP : 2111 030 059
Jurusan : D3 Teknik Mesin FTI – ITS
Dosen Pembimbing : Hendro Nurhadi, Dipl.Ing., Ph.D.

Abstrak

Perkembangan teknologi otomotif semakin mengalami perkembangan baik dalam segi penggunaan bahan bakar alternatif seperti BBG maupun kontrol konsumsi bahan bakar. ECU merupakan suatu perangkat elektronik yang digunakan pada sistem injeksi otomotif seperti sepeda motor maupun mobil sebagai pengatur konsumsi bahan bakar dan timing pengapian saat pembakaran.

D3 Teknik mesin Elektronik Control Unit (d'ECU) merupakan salah satu jenis ECU injeksi yang digunakan pada sepeda motor berbahan bakar gas LPG (wisanggeni). Dalam pembuatanya dibutuhkan beberapa aspek kajian eksperimental, diantaranya: pemilihan sensor-sensor yang akan digunakan, pengambilan data dari sensor TPS, MAP, EOT untuk menentukan putaran motor stepper yang akan membuka katub gas LPG yang selanjutnya akan di injeksikan, pengujian sinyal input dan output pada sensor-sensor, dan uji jalan sepeda motor berbahan bakar gas LPG (wisanggeni).

Berdasarkan kajian eksperimental yang telah dilakukan, D3 teknik mesin Electronic Control Unit (d'ECU) ini dapat digunakan di sepeda motor wisanggeni dengan kecepatan motor sampai 80 km/jam dalam waktu 22 detik. Disamping itu konsumsi bahan bakar sepeda motor wisanggeni juga sangat irit.

Kata Kunci: dECU, sensor TPS, MAP, EOT, dan Motor stepper

INJECTION SYSTEM DESIGN MOTORCYCLE GAS (WISANGGENI) USING d' ECU (D3 TEKNIK MESIN ELECTRONIC CONTROL UNIT) PLATFORM IN THE DEVELOPMENT OF MOTORCYCLE GAS INJECTION ECU

Student : Luhur Budinurmanto
NRP : 2111 030 059
Departement : D3 Mechanical Engineering FTI-ITS
Academic Advisor : Hendro Nurhadi, Dipl.Ing., Ph.D.

Abstract

The development of automotive technology increasingly experiencing growth both in terms of the use of alternative fuels such as CNG and fuel consumption control . ECU is an electronic device that is used in automotive injection systems such as motorcycles and cars as a regulator of fuel consumption and ignition timing during combustion .

D3 Mechanical engineering Electronic Control Unit (d'ECU) is one type of injection ECU used in gas-fueled motorcycle LPG (wisanggeni) . In pembuatanya takes some aspects of experimental studies , including : election will sensors are used , making the data from the sensor TPS , MAP , EOT to determine the stepper motor rotation that will open the gas valve LPG which would then be injected , test input and output signals on sensors , and the motorcycle road test fuel LPG (wisanggeni)

Based on experimental studies that have been done , D3 engineering Electronic Control Unit (d'ECU) can be used in motorcycles wisanggeni with a maximum engine speed of 80 km within 22 seconds . Besides, motorcycle fuel consumption is also very economical wisanggeni.

Keywords: *dECU, sensor TPS, MAP, EOT, and Motor stepper*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala Puji bagi Allah yang telah memberikan segala nikmat, taufik dan hidayah-Nya kepada setiap hamba-Nya. Merupakan salah satu karunia dan pertolongan Allah pada setiap langkah dalam penyusunan Tugas akhir ini sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir yang berjudul:

“RANCANG BANGUN SISTEM INJEKSI SEPEDA MOTOR GAS (WISANGGENI) DENGAN MENGGUNAKAN d’ECU (D3 TEKNIK MESIN ELECTRONIC CONTROL UNIT) SEBAGAI PLATFORM PENGEMBANGAN ECU INJEKSI SEPEDA MOTOR GAS”

Shalawat dan salam semoga senantiasa terlimpahkan kepada Rasulullah *shallallahu ‘alaihi wasallam*, keluarga, sahabat dan orang-orang yang senantiasa berusaha berpegang kepada tali agama Allah.

Melalui lembaran ini penulis hendak mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang senantiasa mendukung dan membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Ucapan terimakasih penulis kepada:

1. Bapak Djamal dan Ibu Disah selaku kedua orang tua tercinta yang telah menjaga, merawat, membesarkan dan banyak mendoakan penulis dengan penuh ketulusan, yang semua itu selamanya tidak akan pernah mampu penulis balas, adik dan kakak juga yang telah memberi semangat dalam pengerjaan tugas akhir ini. Semoga Allah senantiasa menjaga, membalas semuanya dengan kebaikan yang banyak.
2. Bapak Hendro Nurhadi, Dipl.Ing., Ph.D. selaku dosen pembimbing tugas akhir atas segala bantuan intelektual dan moral yang telah diberikan

3. Ibu Liza Rusdiyana, ST, MT. Selaku koordinator Tugas Akhir Program study D3 Teknik Mesin FTI-ITS
4. Bapak Ir. Suhariyanto, MT. Selaku kepala program studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS yang telah memberi banyak bantuan dalam proses pengajuan ijin dan sebagainya sampai terselesaikanya Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir Arino Anzip M.Eng selaku Dosen Wali.
6. Bapak / Ibu Dosen dan seluruh Karyawan Program Studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS yang telah banyak membimbing dan membantu selama perkuliahan.
7. Maulidatun Nafi'ah atas kebersamaan dan motifasi yang diberikan sebagai penyemangat dalam penyelesaian TA ini
8. Teman-teman seperjuangan 2011 Laboratorium Mekatro, Candra nurdiansyah, dkk. Atas canda, tawa dan kebersamaan yang telah kalian berikan.
9. Teman-teman seperjuangan TA D3 Teknik Mesin FTI-ITS, Muafak, Hamdani, dkk. Atas canda, tawa dan kebersamaan yang telah kalian berikan.
10. Teman-teman 2012 Laboratorium mekatro, eko, Kreshna, Dkk. atas suport yang kalian berikan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
10. Teman-teman D3MITS terimakasih atas bantuan segalanya.
11. Serta semua pihak yang belum tertulis dan yang tidak mungkin disebutkan satu persatu yang telah berperan dalam pengerjaan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran dari pembaca sekalian sangat diperlukan untuk menyempurnakan penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di negri tercinta ini. Amin.

Surabaya, Desember 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN MUKA	i
COVER PAGE	iii
HALAMAN PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR SIMBOL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1 Hasil dan Penelitian Sebelumnya	7
2.2 Teori Penunjang	10
2.2.1 Sistem Electronic Fuel Injection (EFI)	10
2.2.2 Komponen Utama Pada Sistem EFI	10
2.2.3 Engine Control Unit	11
2.2.4 Sensor-sensor Pada Sistem Injeksi	12
2.2.5 Sistem Kontrol	17
2.2.5.1 Klasifikasi Sistem Kontrol	17
2.2.5.2 Sistem Kontrol Open Loop, Sistem Kontrol Close Loop dan Automatic	18
2.2.5.3 Sistem Kontrol EFI	20
2.3 Mekatronika	21
2.3.1 Struktur dan Elemen Mekatronika	22
2.3.2 Jenis Sensor dan Transduser	24
2.3.2.1 Klasifikasi Sensor	25

2.3.2.2 Klasifikasi Transduser	25
2.3.3 Teori relay elektro mekanik.....	26
2.3.3.1 Konstruksi relay Elektro mekanik posisi NC	27
2.3.3.2 Konstruksi relay elektro mekanik posisi NC	27
2.4 Pemrograman Mikro-kontroler.....	29
2.4.1 Pemrograman Mikrokontroler Secara Umum	30
2.5 Prinsip Kerja Injeksi	31
2.6 Motor Stepper.....	31
2.7 Rangkaian Kelistrikan	32
2.8 Unjuk Kerja Mesin 4 langkah	33
2.9 Sepeda Motor Gas	34
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	 37
3.1 Metode Yang Digunakan	37
3.2 Alat dan Bahan	37
3.3 Skema Pengaturan Sistem Pemasukan Bahan Bakar LPG Oleh d'ECU	 46
3.3.1 Alur Bahan Bakar Gas LPG	46
3.3.2 D3 Mesin Electronic Control Unit	48
3.4 Prosedur Percobaan	49
3.5 Sistem Penelitian	50
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	51
 BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL PENELITIAN	 59
4.1 Gambaran Sistem Injeksi Gas (Wisanggeni)	59
4.1.1 Alur Bahan Bakar Sepeda Motor Gas Injeksi (Wisanggeni)	 60
4.1.2 Sensor –sensor yang Digunakan Pada Sistem Injeksi Sepeda Motor Gas (wisanggeni)	 61
4.2 Hasil Pengambilan Data Sensor TPS, MAP, EOT Untuk Penginjeksian Bahan Bakar.	 63
4.2.1 pengambilan data untuk sensor TPS	63
4.2.2 Pengambilan Data Untuk Sensor EOT	87
4.2.3 Pengambilan Data Untuk Sensor MAP	91
4.3 Komponen di Dalam d'ECU dan Penjelasanya	97

4.4 Pengecekan Tegangan Output Sensor-sensor saat kondisi kerja	100
4.4.1 Pengecekan Tegangan Pada TPS	100
4.4.2 Pengecekan Tegangan pada Sensor EOT	101
4.4.3 Pengecekan Tegangan output pada Sensor MAP	102
4.5 Hasil Uji Jalan Sepeda Motor Gas Injeksi (Wisanggeni)	106
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	 109
5.1 Kesimpulan	109
5.2 Saran	110
DAFTAR PUSTAKA	111
LAMPIRAN	
BIOGRAFI	

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Perbandingan putaran TPS dengan bukaan regulator	
.....	64
Tabel 4.2 Tegangan Output TPS Berdasarkan Derajat Bukaan	
.....	101

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 IQutech-e	7
Gambar 2.2 ECU Mobil	8
Gambar 2.3 d'ECU sepeda motor injeksi berbahan bakar gas LPG	9
Gambar 2.4 Main board d'ECU	11
Gambar 2.5 Micro controler (<i>Arduino Uno</i>) d'ECU	12
Gambar 2.6 MAP Sensor pada	13
Gambar 2.7 Throttle Position Sensor	13
Gambar 2.8 O ₂ Sensor	14
Gambar 2.9 Kurva Perubahan Temperatur Terhadap Resistance	14
Gambar 2.10 IAT Sensor	16
Gambar 2.11 Crank Position Sensor	17
Gambar 2.12 Skema Sistem Kontrol pada EFI	20
Gambar 2.13 Prinsip Sistem Kontrol EFI	21
Gambar 2.14 Struktur Mekatronika	22
Gambar 2.15 Analogi Mekatronika Dan Manusia	24
Gambar 2.16 Relay elektro mekanik	26
Gambar 2.17 Konstruksi relay posisi NC	27
Gambar 2.18 Konstruksi relay posisi NO	28
Gambar 2.19 Langkah-langkah Pemrograman Mikro-kontroler	30
Gambar 2.20 Injector	31
Gambar 2.21 Motor Stepper	32
Gambar 3.1 Akumulator (Baterai)	38
Gambar 3.2 Alat-alat bengkel otomotif	38
Gambar 3.3 Sekring Tabung	39
Gambar 3.4 Multitester Analog dan Digital	40
Gambar 3.5 Kabel USB Typical AB	40
Gambar 3.6 d'ECU	41
Gambar 3.7 Sensor MAP MPX 5100AP	42
Gambar 3.8 potentio meter sebagai sensor TPS	42

Gambar 3.9 Engine Oil Temperature Sensor	43
Gambar 3.10 injektor	44
Gambar 3.11 Throttle Body	45
Gambar 3.12 Motor Stepper	45
Gambar 3.13 Skema Aliran Bahan Bakar Gas LPG	47
Gambar 3.14 Skema instalasi eksperimen menggunakan d'ECU.....	48
Gambar 4.1 Desain penempatan komponen-komponen sepeda motor injeksi gas	59
Gambar 4.2 sistem injeksi Gas yg di kontrol d'ECU	60
Gambar 4.3 Potentiometer sebagai sensor TPS	61
Gambar 4.4 EOT sensor	62
Gambar 4.5 MAP sensor	63
Gambar 4.6 Letak TPS sensor (yang ditunjuk anak panah warna merah).....	64
Gambar 4.7 Perbandingan Putaran TPS (0°) dan Regulator (0°), (kiri TPS, kanan Regulator)	65
Gambar 4.8 Perbandingan Putaran TPS (3°) dan Regulator (12°), (kiri TPS, kanan Regulator)	66
Gambar 4.9 Perbandingan Putaran TPS (7°) dan Regulator (16°), (kiri TPS, kanan Regulator)	67
Gambar 4.10 Perbandingan Putaran TPS (12°) dan Regulator (24°),(kiri TPS, kanan Regulator).....	68
Gambar 4.11 Perbandingan Putaran TPS (18°) dan Regulator (32°),(kiri TPS, kanan Regulator)	69
Gambar 4.12 Perbandingan Putaran TPS (23°) dan Regulator (36°),(kiri TPS, kanan Regulator).....	70
Gambar 4.13 Perbandingan Putaran TPS (28°) dan Regulator (46°),(kiri TPS, kanan Regulator)	71
Gambar 4.14 Perbandingan Putaran TPS (33°) dan Regulator (52°),(kiri TPS, kanan Regulator)	72
Gambar 4.15 Perbandingan Putaran TPS (38°) dan Regulator (61°),(kiri TPS, kanan Regulator)	73

Gambar 4.16 Perbandingan Putaran TPS (45°) dan Regulator (63°),(kiri TPS, kanan Regulator)	74
Gambar 4.17 Perbandingan Putaran TPS (50°) dan Regulator (65°),(kiri TPS, kanan Regulator)	75
Gambar 4.18 Perbandingan Putaran TPS 55°) dan Regulator (67°),(kiri TPS, kanan Regulator).....	76
Gambar 4.19 Perbandingan Putaran TPS 60°) dan Regulator (70°),(kiri TPS, kanan Regulator)	77
Gambar 4.20 Perbandingan Putaran TPS 65°) dan Regulator (75°),(kiri TPS, kanan Regulator)	78
Gambar 4.21 Perbandingan Putaran TPS 70°) dan Regulator (80°),(kiri TPS, kanan Regulator)	79
Gambar 4.22 Perbandingan Putaran TPS 75°) dan Regulator (85°),(kiri TPS, kanan Regulator)	80
Gambar 4.23 Perbandingan Putaran TPS 80°) dan Regulator (90°),(kiri TPS, kanan Regulator)	81
Gambar 4.24 Perbandingan Putaran TPS 85°) dan Regulator (95°),(kiri TPS, kanan Regulator)	82
Gambar 4.25 Perbandingan Putaran TPS 90°) dan Regulator (100°),(kiri TPS, kanan Regulator)	83
Gambar 4.26 Perbandingan Putaran TPS 95°) dan Regulator (105°),(kiri TPS, kanan Regulator).....	84
Gambar 4.27 Perbandingan Putaran TPS 100°) dan Regulator (110°),(kiri TPS, kanan Regulator).....	85
Gambar 4.28 Perbandingan Putaran TPS 105°) dan Regulator (115°),(kiri TPS, kanan Regulator)	86
Gambar 4.29 Perbandingan Putaran TPS 110°) dan Regulator (120°),(kiri TPS, kanan Regulator)	87
Gambar 4.30 Perbandingan bukaan throttle valve (0°) dan Regulator (0°),(kiri TPS/throttle valve, kanan Regulator).....	88
Gambar 4.31 Perbandingan bukaan throttle valve (0°) dan Regulator (2°),(kiri TPS/throttle valve, kanan Regulator).....	89

Gambar 4.32 tampilan softwer arduino terhadap temperatur oli dalam mesin saat mesin belum bekerja.....	90
Gambar 4.33 Tampilan softwer arduino terhadap temperatur oli dalam mesin saat mesin mulai panas.....	90
Gambar 4.34 Letak sensor EOT	91
Gambar 4.35 Letak sensor MAP	92
Gambar 4.36 tampilan softwer arduino terhadap tekanan Udara di intake manifold oleh MAP sensor saat mesin mati, kontak ON	93
Gambar 4.37 tampilan softwer arduino terhadap tekan udara dalam intake manifold oleh MAP sensor saat Mesin Idle	94
Gambar 4.38 tampilan softwer arduino terhadap tekan udara dalam intake manifold oleh MAP sensor saat mesin putaran tinggi	95
Gambar 4.39 tampilan softwer arduino terhadap tekan udara dalam intake manifold oleh MAP sensor saat mesin decelerasi	96
Gambar 4.40 d'ECU dan komponen-komponen didalamnya .	97
Gambar 4.41 Nilai resistensi saat mesin masih dngin	102
Gambar 4.42 Nilai resistensi saat mesin mulai panas	102
Gambar 4.43 Tegangan output sensor MAP saat kunci kontak on dan mesin mati	103
Gambar 4.44 Tegangan output sensor MAP saat putaran mesin idle	104
Gambar 4.45 Tegangan output sensor MAP saat putaran mesin tinggi	105
Gambar 4.46 Tegangan output sensor MAP saat mesin Decelerasi	106
Gambar 4.47 Grafik waktu yang dibutuhkan untuk kenaikan kecepatan 10 km/jam	107

DAFTAR SIMBOL

N_e	= daya poros atau daya efektif (Hp)
N_i	= daya indikatif (Hp)
N_g	= daya untuk mengatasi gesekan-gesekan (Hp)
N_a	= daya untuk aksesoris mesin (Hp)
T	= momen torsi (in-lb)
n	= putaran poros mesin (Rpm)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi otomotif seiring zaman semakin berkembang. Sejak Robert Bosch berhasil membuat pompa injeksi Diesel putaran tinggi (1922-1927), maka dimulailah percobaan-percobaan untuk memakai pompa injeksi tersebut pada motor bensin. Pada mulanya pompa injeksi motor bensin dicoba, bensin langsung disemprotkan ke ruang bakar (seperti motor Diesel). Kesulitan akan terjadi waktu motor masih dingin, karena bensin akan sukar menguap karena temperatur rendah, akibatnya bensin akan mengalir ke ruang poros engkol dan bercampur dengan oli, bila motor sudah panas masalah ini tidak ada lagi. Untuk mengatasi kesulitan ini, maka penyemprotan langsung pada ruang bakar, diganti dengan penyemprotan pada saluran masuk. Elemen pompa juga harus diberi pelumasan sendiri, karena bensin tidak dapat melumasi elemen pompa seperti solar, itu berarti pembuatan konstruksi elemen lebih sulit dan mahal. Akhirnya sekitar tahun 1960, sistem injeksi bensin seperti yang dipakai pada mobil-mobil saat ini sudah ditemukan. Bahkan pada tahun 1967 mobil VW sudah mengaplikasikan sistem injeksi dengan unit pengontrol elektronika. Berlanjut di industri mobil Jepang, Toyota sejak 1971 mulai mengembangkan sistem EFI (Electronic Fuel Injection). Dan 1979, Toyota sudah mengeksport mobil berteknologi EFI seperti Crown dan Cressida. Sejak saat itulah era mobil karburator secara perlahan mulai ditinggalkan. Sistem EFI sendiri memiliki sebuah unit pengontrol yang dikenal dengan ECU.

Engine Control Unit (ECU) merupakan hardware handal yang memiliki kemampuan menerima dan memproses data input berupa sensor-sensor, seperti: TPS (Throttle Position Sensor), MAP (Manifold Air Pressure), CPS (Crank Position Sensor) dsb yang kemudian diolah oleh microprocessor pada ECU sehingga menghasilkan outputan berupa timing yang diinginkan seperti

saat penyemprotan bahan bakar. Unit kontrol yang juga dikenal dengan Engine Management System (EMS) ini oleh orang awam sering disebut sebagai “otaknya mesin”.

ECU disebut sebagai otaknya mesin karena fungsi ECU itu sendiri yaitu mengontrol beberapa sistem yang ada pada sepeda motor yang biasanya orang awam menyebut sepeda motor injeksi. ECU akan bekerja sesuai data-data yang diterima dari sensor-sensor yang ada pada sistem kemudian data tersebut di olah didalam ECU dan keluar sebagai sinyal untuk mengatur actuator, disini actuatornya adalah injektor sehingga injektor akan menginjeksikan bahan bakar yang pas sesuai dengan udara yang masuk kedalam mesin sesuai perintah dari ECU berdasarkan sensor-sensor yang digunakan. Sensor-sensor yang digunakan untuk mengatur ratio udara dan bahan bakar yaitu TPS (Throttle Position Sensor), MAP (Manifold Air Pressure), IAT (Intake Air Temperatur) dll.

Selanjutnya, diperlukan pemilihan sensor-sensor yang tepat guna mewakili kondisi riil mesin, yang mana nantinya akan digunakan pengembangan sepeda motor gas dengan menggunakan sistem injeksi bahan bakar (EFI).

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian di atas, permasalahan yang muncul pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana membuat rancang bangun sistem injeksi sepeda motor berbahan bakar Gas dengan d'ECU (D3 Teknik mesin Electronic control unit) untuk menyuplai kebutuhan bahan bakar gas agar sesuai dengan kebutuhan mesin?
2. Bagaimana melakukan beberapa eksperimental terkait fungsi sensor-sensor yang dihubungkan dengan rangkaian kerja d'ECU, serta menentukan sensor-sensor yang tepat, guna pengembangan sepeda motor berbahan bakar gas?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mampu membuat rancang bangun sistem injeksi sepeda motor berbahan bakar Gas yang dikontrol oleh d'ECU (D3 Teknik Mesin Control Unit) untuk menyuplai kebutuhan bahan bakar gas sesuai dengan kebutuhan mesin.
2. Mampu mengetahui fungsi sensor-sensor yang terhubung dengan d'ECU yang didesain agar dapat mewakili parameter penggunaan sistem injeksi bahan bakar gas.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan (referensi) pembuatan sistem injeksi d'ECU untuk sepeda motor berbahan bakar gas LPG. Dari penelitian ini diharapkan kedepannya nanti sistem injeksi d'ECU dapat digunakan pada sepeda motor atau kendaraan lain berbahan bakar gas LPG untuk meningkatkan nilai efisiensi penggunaan bahan bakar.

1.5 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini diantaranya adalah:

1. Engine Motor yang digunakan adalah engine Honda Supra X 100 cc buatan tahun 2001 (Wisanggeni)
2. ECU yang digunakan adalah *D3 Mesin Electronic Control Unit* atau disingkat *d'ECU*, (ECU rakitan sendiri) dan dipakai untuk sepeda motor berbahan bakar Gas LPG.
3. *Throttle Body* yang digunakan adalah *Karburator supra x 100 cc* yang sudah dimodifikasi menjadi *Throttle Body* untuk sepeda motor berbahan bakar gas LPG wisanggeni.
4. Bahan bakar gas yang digunakan adalah gas LPG 3 kg produksi Pertamina.

5. Volume tabung gas LPG dalam keadaan full (100% terisi gas LPG, tekanan di dalam tabung = 8 bar).
6. Selang dengan diameter dalam 8 mm.
7. Tidak ada kebocoran gas LPG.
8. Tidak membahas perhitungan elemen mesin dan terfokus pada rancang bangun sistem injeksi serta rangkaian sensor-sensor yang ter hubung dengan d'ECU.
9. Sensor yang digunakan ada 3 yaitu TPS (Throttle position sensor), MAP (Manifold Absolut Pressure), EOT (Engine Temperature Sensor).
10. Volume gas yang masuk dikatakan sesuai apabila mesin tidak dalam kondisi “mlepek” ketika *starting*, *idle*, maupun *full load*.
11. Guna mengukur tegangan output dari sensor-sensor dan d'ECU digunakan 1 (satu) buah avometer dan sebuah software arduino.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam penulisan penelitian ini antara lain dapat dijelaskan sebagai berikut:

- **BAB I PENDAHULUAN**

Bab I menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah dan sistematika penulisan.

- **BAB II DASAR TEORI**

Pada Bab II ini terdapat 2 bagian, yaitu: dasar teori dan tinjauan pustaka. Dasar teori berisikan teori-teori penunjang tentang sistem perancangan sistem injeksi ECU serta mengenai rangkaian fungsi penginderaan ECU, sedangkan tinjauan pustaka lebih mengarah kepada penjelasan singkat mengenai penelitian yang pernah dilakukan terkait ECU.

- **BAB III METODOLOGI**

Pada Bab III menjelaskan tentang rentetan proses dalam pembuatan sistem injeksi d'ECU. Serta, rancang bangun

pembuatan rangkaian fungsi sensor-sensor yang terhubung dengan d'ECU yang terakumulasi dalam bentuk flowchart.

- **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada Bab IV ini menjelaskan tentang hasil dan pembahasan dari pengujian yang telah dilakukan guna memastikan sistem injeksi d'ECU dapat bekerja dengan benar. Kemudian dilakukan analisa pada semua sensor.

- **BAB V : KESIMPULAN**

Pada akhir pengerjaan Tugas Akhir ini akan didapatkan suatu kesimpulan yang menyatakan pernyataan akhir dari uraian dan penjelasan sebelumnya.

- **DAFTAR PUSTAKA**
- **LAMPIRAN**

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Hasil Penelitian Sebelumnya

Sejarah perkembangan EFI (*Electronic Fuel Injection*) dimulai sejak Robert Bosch berhasil membuat pompa injeksi diesel putaran tinggi (1922-1927), kemudian dimulailah percobaan-percobaan untuk memakai pompa injeksi tersebut pada motor bensin. EFI adalah suatu sistem penyemprotan bahan bakar yang dalam kerjanya dikontrol oleh ECU agar didapatkan nilai campuran udara dan bahan bakar sesuai. Berbagai macam teknologi control bahan bakar sejauh ini terus berkembang, salah satunya dapat dibuktikan dengan bermunculannya produk mobil berteknologi tinggi seperti *super car* dan sebagainya. Beberapa penelitian tentang rancang bangun sistem kontrol bahan bakar atau ECU di ITS diantaranya adalah IQUTech-e (Gambar 2.1) yang telah dibuat dan dikembangkan oleh dosen beserta beberapa mahasiswa Teknik Mesin di ITS. Bahkan, mereka telah memasarkan produk ECU IQUTech-e ini.



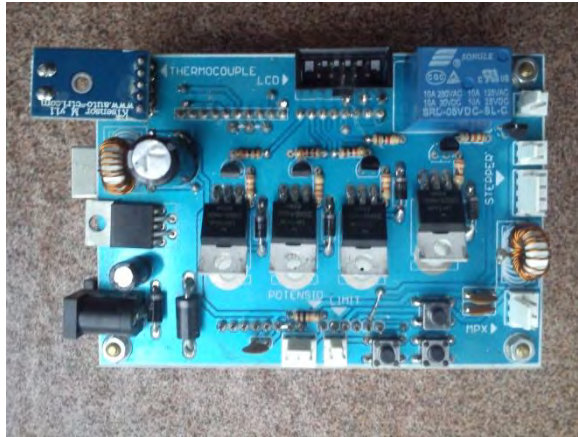
Gambar 2.1 IQUTech-e
(sumber: Buku TA IQUTech-e S1 Teknik Mesin ITS)

Secara teoritis, penggunaan ECU dan Sistem Injeksi akan menghemat bahan bakar sampai 30 persen. Sedangkan secara dinamis, persentase penghematan akan diketahui setelah diujicobakan pada mesin mobil Esemka 1,5 Liter.

Selain IQUTech-e, rancang bangun teknologi ECU juga pernah dibuat oleh mahasiswa teknik elektro ITS yang berjudul “Desain dan Implementasi Sistem Pengaturan Fuzzy untuk Waktu Pengapian pada Mesin Pengapian Busi” yang telah teruji pada Mesin Mitsubishi 4G63. Dengan menggunakan kontroler fuzzy pada sistem pengaturan waktu pengapian, ripple atau fluktuasi pada keadaan tunak dapat diminimalkan dari 10% menjadi 0,25%. Nilai RMSE respon juga mengecil dari 9,53% menjadi 6,49%.



Gambar 2.2 ECU mobil
(sumber: Buku TA ECU SI Teknik Elektro ITS)



Gambar 2.3 d'ECU sepeda motor injeksi berbahan bakar LPG

Dan juga penelitian yang dilakukan Mahasiswa D3 Teknik Mesin ITS mengenai (d'ECU) *D3 Teknik Mesin Electronic Control Unit* ini diperoleh beberapa kesimpulan baik dalam proses sebelum pengujian maupun setelah pengujian yang diantaranya dapat diuraikan singkat dibawah ini:

- d'ECU memiliki dimensi $p \times l \times t = 11,5 \times 7 \times 4.5$ cm yang didalamnya terdiri dari 2 board, yaitu:
 - *mainboard upper connector*
 - *micro controler (arduino uno)*
- d'ECU digunakan pada sepeda motor injeksi berbahan bakar gas karena d'ECU ini digunakan untuk mengontrol suplay bahan bakar gas
- d'ECU dapat mengoutput (mengoperasikan) 2 buah injector pada sepeda motor injeksi berbahan bakar gas (wisanggeni) yaitu high presure injektor dan low presure injektor.

2.2 Teori Penunjang

Berikut merupakan beberapa teori penunjang yang diperlukan berkenaan dengan *Electronic Control Unit* mulai dari Mekatronika, sistem injeksi bahan bakar, jenis sensor-sensor pada EFI dan sebagainya.

2.2.1 Sistem Electronic Fuel Injection (EFI)

Sistem EFI dirancang agar bisa melakukan penyemprotan bahan bakar yang jumlah dan waktunya ditentukan berdasarkan informasi dari sensor-sensor. Pengaturan koreksi perbandingan bahan bakar dan udara sangat penting dilakukan agar mesin bisa tetap beroperasi/ bekerja dengan optimal pada berbagai kondisi kerjanya.

Terdapat beberapa tipe penginjeksian (penyemprotan) dalam sistem EFI motor bensin (khususnya yang mempunyai jumlah silinder dua atau lebih), diantaranya tipe injeksi serentak (*simoultaneous injection*) dan tipe injeksi terpisah (*independent injection*). Tipe injeksi serentak yaitu saat penginjeksian terjadi secara bersamaan, sedangkan tipe injeksi terpisah yaitu saat penginjeksian setiap injektor berbeda antara satu dengan yang lainnya, biasanya sesuai dengan urutan pengapian atau *firing order* (FO). Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa penginjeksian pada motor bensin pada umumnya dilakukan di ujung *intake manifold* sebelum *inlet valve* (katup masuk). Oleh karena itu, saat penginjeksian (*injection timing*) tidak mesti sama persis dengan percikan bunga api busi, yaitu beberapa derajat sebelum Titik Mati Atas (TMA) di akhir langkah kompresi.

2.2.2 Komponen Utama pada Sistem EFI

Beberapa komponen utama pada system EFI diantaranya adalah:

1. Sensor, sebagai pemberi informasi ke ECU
2. ECU (*Engine Control Unit*), berupa rangkaian elektronika yang merupakan pengatur perintah ke actuator

3. *Actuator*, dalam hal ini meliputi system konsumsi bahan bakar, timing pembakaran, dan lain-lain.

Actuator yang berfungsi sebagai pengatur jumlah konsumsi bahan bakar disini adalah *injector*.

2.2.3 Engine Control Unit

Engine Control Unit (ECU) merupakan elemen kontrol elektronik utama pada mesin pengapian busi. ECU berguna mengatur banyaknya bahan bakar yang digunakan saat pembakaran dan juga mengatur timing pengapian guna menghasilkan pembakaran yang sempurna. Dalam melakukan tugasnya, ECU sebelumnya melakukan perhitungan terhadap hasil pengukuran dari sensor-sensor dan nantinya akan ditentukan seberapa banyak bahan bakar yang diperlukan dan kapankah busi harus meletupkan percikan api. Jadi, bisa dikatakan ECU adalah otak dari sistem injeksi bahan bakar elektronik.

ECU yang dipakai dalam studi ini adalah d²ECU (D3 Teknik Mesin Electronic Control Unit).

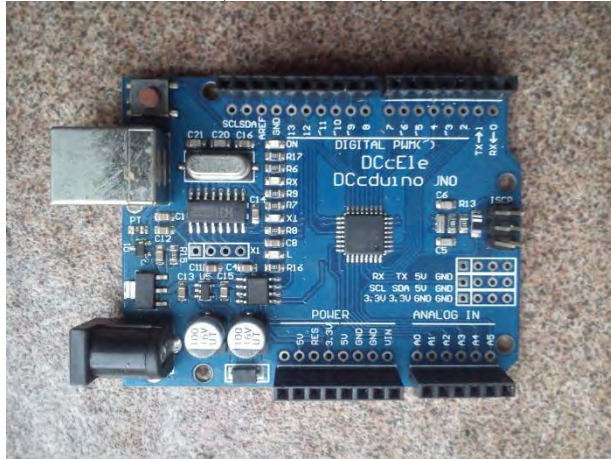
Macam – macam Board pada ECU MegaSquirt III:

- a. *Main Board Upper Connector*



Gambar 2.4 Main board d²ECU

b. *Micro Controller (Arduino Uno)*



Gambar 2.5 *Micro Controller (Arduino Uno) d'ECU*

2.2.4 Sensor-sensor Pada Sistem Injeksi

a. *Manifold Air Pressure (MAP) Sensor*

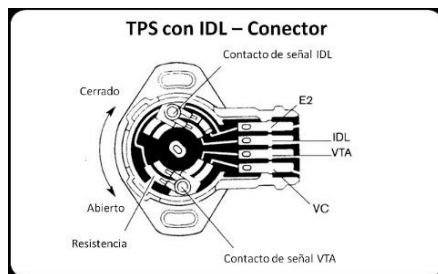
MAP sensor merupakan sensor yang digunakan untuk mengetahui besar tekanan mutlak (*absolute*) pada saluran udara masuk (*manifold*). Nilai tekanan mutlak ini selanjutnya digunakan sebagai pengatur jumlah bahan bakar yang masuk pada bahan bakar. Semakin besar tekanan mutlaknya, maka semakin banyak pula bahan bakar yang disuntikkan.



Gambar 2.6 MAP sensor pada
(sumber: Digiwarestore.com)

b. *Throttle Position Sensor (TPS)*

Sebuah *Throttle Position Sensor (TPS)* adalah sensor yang digunakan untuk memonitor posisi *throttle* dalam mesin pembakaran internal. Sensor ini biasanya terletak pada poros dari katup kupu-kupu sehingga langsung dapat memantau posisi *throttle* gas. TPS menghasilkan tegangan sebagai keluaran yang nantinya dikirim ke ECU untuk menjadi input-nya. Besaran tegangan yang dihasilkan oleh TPS tergantung pada derajat sudut bukaan gas yang terhubung katup kupu-kupu yang terdapat di *throttle body*.



Gambar 2.7 Throttle Position Sensor(sumber:
oldfuelinjection.com)

c. *Oxygen (O₂) Sensor*

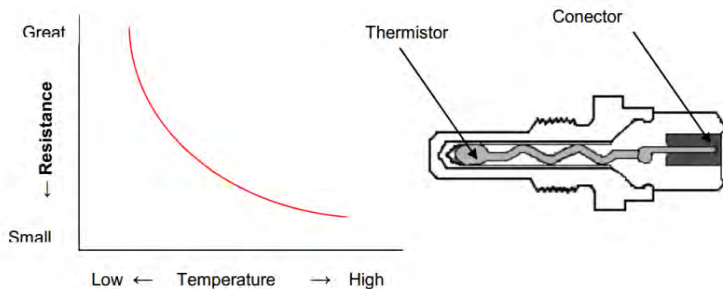
Sensor ini membantu mengetahui jika perbandingan udara-bahan bakar *Air Fuel Ratio* (AFR) pada saat pembakaran terlalu kaya (terlalu banyak bahan bakar daripada udara) atau terlalu miskin (kebalikkan dari kaya). Karena sensor oksigen berada dalam aliran gas buang, maka sensor ini tidak secara langsung mengukur udara atau bahan bakar memasuki mesin. Tapi ketika informasi dari sensor oksigen ditambah dengan informasi dari sumber-sumber (sensor-sensor) lain, maka dapat digunakan untuk langsung menentukan AFR yang tepat.



Gambar 2.8 O₂ sensor

d. *ETS (Engine Temperature Sensor)*

ETS difungsikan untuk mendeteksi kondisi suhu mesin. Sensor ini dipasang pada blok mesin atau rumah termostat bagian bawah. Sensor akan bekerja dengan besar kecilnya resistansi yang dibentuk dimana semakin tinggi suhu air pendingin atau blok mesin maka akan semakin kecil resistansinya.



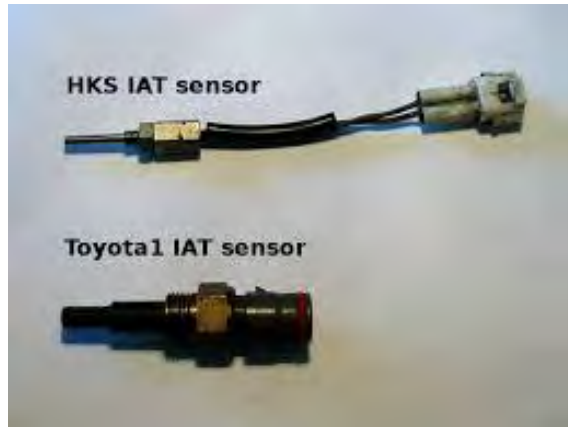
Gambar 2.9 Kurva Perubahan Temperatur Terhadap Resistance

e. *Intake Air Temperature (IAT)*

Sensor temperature udara masuk (*Intake Air Temperature*) merupakan sensor koreksi yang biasanya terpasang pada *air cleaner* atau *hose* antara *air cleaner* dengan *throttle body*. Sensor ini berupa thermistor dengan bahan semikonduktor yang mempunyai sifat semakin panas temperature maka nilai tahanannya semakin kecil.

Sensor *Intake Air Temperature* memiliki 2 kabel yang keduanya dari *Engine Control Unit (ECU)*. ECU akan memberikan suplai tegangan sebesar 5 volt ke sensor (pada kabel positif) dan memberi *ground* untuk sensor (melalui kabel negatif). Karena nilai tahanan pada sensor bervariasi akibat perubahan temperature maka tegangan yang mengalir dari ECU juga bervariasi. Variasi tegangan inilah yang dijadikan dasar bagi ECU untuk menentukan temperature udara masuk yang tepat sebagai input untuk menentukan koreksi jumlah bahan bakar yang disemprotkan oleh injektor. Pada kendaraan Suzuki yang

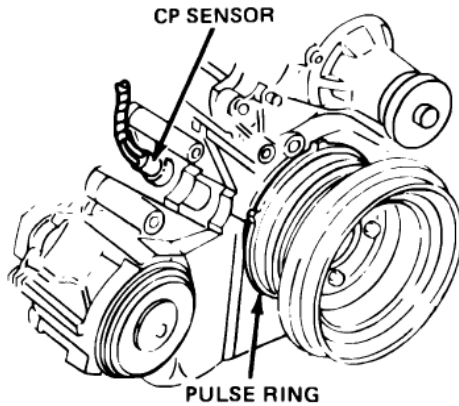
menggunakan *Intake Air Temperature* Sensor adalah Baleno 1.6, Baleno 1.5, Escudo 2.0, Aerio, Baleno Next G ,EverY, XL7, New Escudo 1.6.



Gambar 2.10 IAT Sensor

f. *Crank Position Sensor (CPS)*

Sensor ini digunakan untuk mengetahui *timing* pengapian dan buka tutup injektor yang tepat pada sistem bahan bakar injeksi. Prinsip kerja dari CPS ini adalah jika terdapat massa dari bahan feromagnetik bergerak mendekati sensor, maka CPS akan membangkitkan arus listrik. Semakin besar massa dan semakin dekat jarak benda ke *sensing-area* sensor, maka semakin besar pula arus listrik yang dihasilkannya. CPS juga biasanya disebut dengan Pulser. Dengan prinsip kerja Pulser yang demikian, maka kita juga bisa memanfaatkannya sebagai sensor putaran.



Gambar 2.11 Crank Position Sensor

2.2.5 Sistem Kontrol

Sistem Kontrol (*Control System*) merupakan proses pengaturan atau pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (variabel atau parameter) sehingga berada pada suatu harga atau *range* tertentu. Contoh variabel atau parameter fisik, adalah: tekanan (*pressure*), aliran (*flow*), suhu (*temperature*), ketinggian (*level*), pH, kepadatan (*viscosity*), kecepatan (*velocity*), dan lain-lain.

2.2.5.1 Klasifikasi Sistem Kontrol

Secara umum sistem kontrol dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Sistem Kontrol Manual dan Otomatis
Sistem control manual adalah pengontrolan yang dilakukan oleh manusia yang bertindak sebagai operator. Sedangkan system control otomatis, pengontrolan dilakukan oleh peralatan yang bekerja secara otomatis dan operasinya dibawah pengawasan manusia.
2. Sistem Lingkaran Terbuka (*Open Loop*) dan Lingkaran Tertutup (*Closed Loop*)

Sistem Kontrol Lingkar Terbuka (*Open Loop*) adalah sistem pengontrolan di mana besaran keluaran tidak memberikan efek terhadap besaran masukan, sehingga variable yang dikontrol tidak dapat dibandingkan terhadap harga yang diinginkan. Sedangkan Sistem Kontrol Lingkar Tertutup (*Closed Loop*) adalah sistem pengontrolan dimana besaran keluaran memberikan efek terhadap besaran masukan (terdapat *feedback*), sehingga besaran yang dikontrol dapat dibandingkan terhadap harga yang diinginkan. Selanjutnya, perbedaan harga yang terjadi antara besaran yang dikontrol dengan harga yang diinginkan digunakan sebagai koreksi yang merupakan sasaran pengontrolan.

3. Sistem Kontrol Kontinu dan Diskrit

Sistem Kontrol Kontiniu adalah sistem yang memanfaatkan pengendali (*controller*) berbasis nilai kontinu, seperti: *Proportional (P)*, *Integrator (I)*, dan *Differensiator (D)*, atau kombinasi dari ketiganya (PI, PD, atau PID). Sedangkan Sistem Kontrol Diskrit adalah sistem yang menggunakan pengontrol (*controller*) dengan nilai diskrit yang hanya mengenal batasan minimal dan maksimal, tidak ada nilai diantaranya. Contoh: on/off, 0/1 Menurut sumber penggerak: Elektrik, Mekanik, Pneumatik, dan Hidraulik.

2.2.5.2 Sistem Kontrol Open Loop, System Kontrol Close Loop dan Automatic

Open Loop Control System memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Tidak terdapat proses pengukuran
- b. Variabel yang dikontrol tidak mempengaruhi aksi pengontrolan
- c. Banyak didasari oleh waktu atau urutan proses
- d. Kurang akurat, lebih stabil, murah

Sedangkan *Closed Loop Control System* mempunyai karakteristik sebagai berikut:

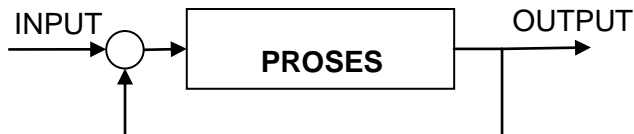
- a. Terdapat proses pengukuran
- b. Variabel yang dikontrol mempengaruhi aksi pengontrolan (mempunyai feedback)
- c. Lebih akurat, dapat terjadi ketidakstabilan
- d. Mahal

Gambar di bawah ini, mengilustrasikan blok diagram *Open Loop Control System* dan *Closed Loop Control System*. Selanjutnya, sebagian besar pembahasan Sistem Kontrol adalah berdasarkan kepada *Closed Loop Control System* atau lebih dikenal dengan Sistem Kontrol Umpan Balik (*Feedback Control System*)



(a) Sistem Kontrol Lingkar Terbuka

Keterangan: input biasanya berupa sinyal atau sejenisnya masuk dan kemudian diproses oleh sistem menghasilkan output berupa suatu mekanisme mesin.



(b) Sistem Kontrol Lingkar Tertutup

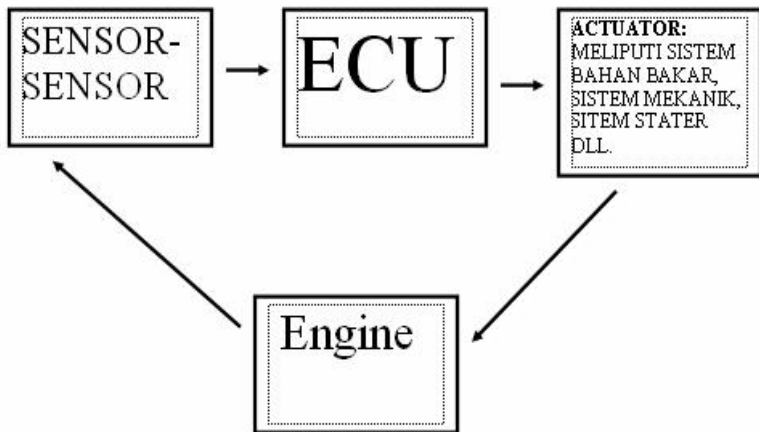
Keterangan: input yang berupa sinyal masuk menuju eror detector sebagai pembanding, kemudian masuk ke dalam proses dan keluar melalui output, tetapi sebelumnya sinyal yang keluar dari proses kembali lagi menuju eror detector (feedback).

Sedangkan sistem otomatis dapat diartikan sebagai suatu teknologi yang berkaitan dengan aplikasi mekanik, elektronik dan sistem yang berbasis komputer (komputer, PLC atau mikro).

Semuanya bergabung menjadi satu untuk memberikan fungsi terhadap manipulator (Elemen Dasar Sistem Otomasi).

2.2.5.3 Sistem Kontrol EFI

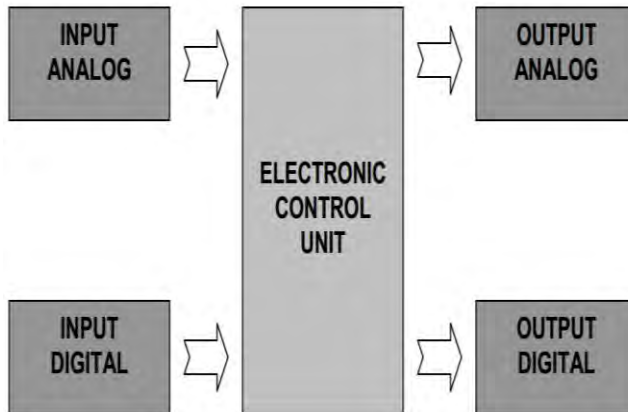
Skema sistem kontrol pada EFI dapat dilihat pada gambar dibawah:



Gambar 2.12 Skema Sistem Kontrol pada EFI

Sistem yang digunakan pada *electronic fuel injection* terbagi atas sensor-sensor dan *actuator*. Sensor-sensor merupakan informan atau pemberi informasi tentang kondisi-kondisi yang berkaitan dengan penentuan jumlah bahan bakar yang harus diinjeksikan. Pemberian informasi dapat berupa sinyal analog ataupun digital. Sensor-sensor yang mengirim informasi dalam bentuk analog seperti misalnya TPS (*Throttle Position Sensor*) dan *Mass Air Flow Sensor*. Sedangkan *actuator* merupakan bagian/komponen yang akan diperintah oleh ECU dan perintah dapat berupa analog ataupun digital. Pemberian

perintah berupa analog diberikan pada pompa bensin elektrik dan lampu *engine* kontrol. Sedangkan pemberian perintah berupa sinyal digital diberikan pada injektor, coil pengapian, katup pernapasan tangki, pengatur *idle*, pemanas sensor lamda dan stecker diagnose.



Gambar 2.13 Prinsip Sistem Kontrol EFI

2.3 Mekatronika

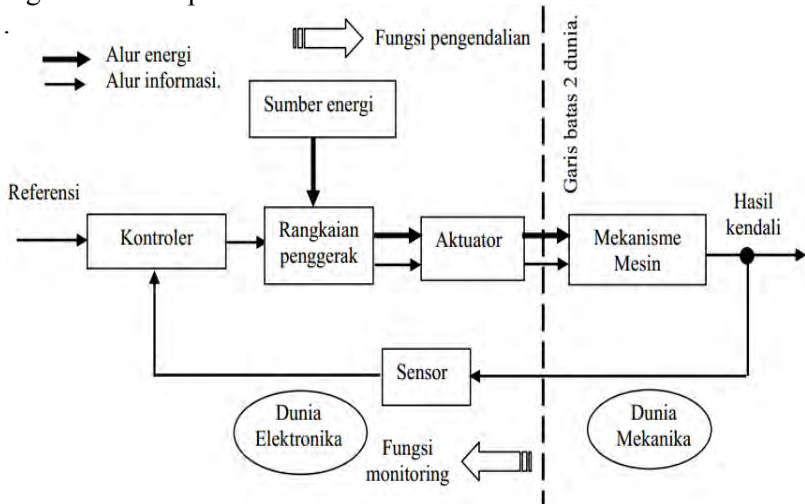
Mechatronics adalah kata baru yang lahir di Jepang pada awal tahun 1970an yang merupakan gabungan antara 2 kata yaitu *mechanics* dan *electronics*. Sekarang kita sering melihat di sekeliling kita barang-barang mekatronika seperti robot, mesin bubut CNC, kamera digital, printer dan lain sebagainya. Persamaan dari barang-barang mekatronika ini adalah bahwa objek yang dikendalikan adalah gerakan mesin. Jika dibandingkan dengan gerakan mesin konvensional maka gerakan mesin tersebut lebih bersifat fleksibel dan lebih memiliki kecerdasan.

Jadi, mekatronika dapat diartikan teknologi atau rekayasa yang menggabungkan teknologi tentang mesin, elektronika, dan

informatika untuk merancang, memproduksi, mengoperasikan dan memelihara sistem untuk mencapai tujuan yang diamanatkan.

2.3.1 Struktur dan Elemen Mekatronika

Susunan mekatronika dalam blok diagram dapat digambarkan seperti dibawah ini.



Gambar 2.14 Struktur Mekatronika

(Sumber : Pusat Penelitian TELIMEK LIPI, Bandung)

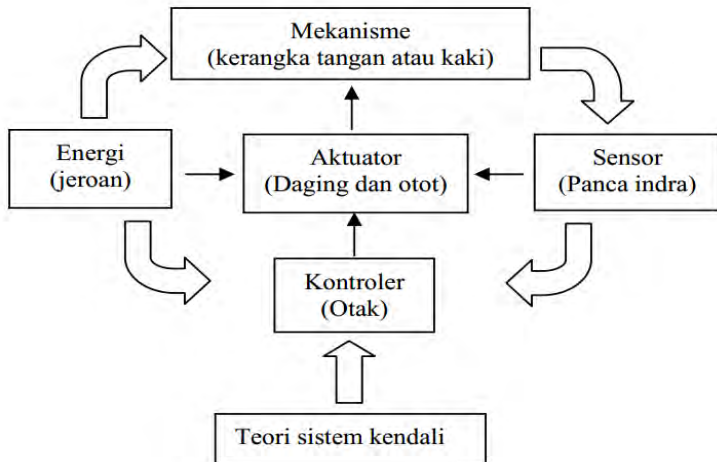
Struktur mekatronika dapat dipilah menjadi 2 buah dunia yaitu dunia mekanika dan dunia elektronika, yang pada gambar ini dipisahkan oleh sebuah garis batas yang terputus-putus. Di dunia mekanika terdapat mekanisme mesin sebagai objek yang dikendalikan. Di dunia elektronika terdapat beberapa elemen mekatronika yaitu: sensor, kontroler, rangkaian penggerak, aktuator dan sumber energi. Panah blok ke arah kanan menunjukkan fungsi pengendalian sedangkan panah blok ke arah kiri menunjukkan fungsi monitoring. Tanda panah tipis menunjukkan alur informasi dan tanda panah tebal menunjukkan alur energi.

Elemen-elemen mekatronika pada gambar ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Mekanisme mesin, ini adalah objek kendali yang bisa berupa lengan robot, mekanisme penggerak otomotif, generator pembangkit listrik dan lain sebagainya.
2. Sensor, ini adalah elemen yang bertugas memonitor keadaan objek yang dikendali. Sensor ini dilengkapi dengan rangkaian pengkondisi sinyal yang berfungsi memproses sinyal listrik menjadi sinyal yang mengandung informasi yang bisa dimanfaatkan.
3. Kontroler, ini adalah elemen yang mengambil keputusan apakah keadaan objek kendali telah sesuai dengan nilai referensi yang diinginkan, dan kemudian memproses informasi untuk menetapkan nilai komando guna merefisi keadaan objek kendali.
4. Rangkaian penggerak, ini adalah elemen yang berfungsi menerima sinyal komando dari kontroler dan mengkonversinya menjadi energi yang mampu menggerakkan aktuator untuk melaksanakan komando dari kontroler. Elemen ini selain menerima informasi dari kontroler juga menerima catu daya berenergi tinggi.
5. Aktuator, ini adalah elemen yang berfungsi mengkonversi energi dari energi listrik ke energi mekanik. Bentuk konkrit aktuator ini misalnya: motor listrik, tabung hidrolik, tabung pneumatik, dan lain sebagainya.
6. Sumber energi, ini adalah elemen yang mencatu energi listrik ke semua elemen yang membutuhkannya. Salah satu bentuk konkrit sumber energi adalah baterai untuk sistem yang berpindah tempat, atau adaptor AC-DC untuk sistem yang stasionari (tetap di tempat). Sumber energi. Ini adalah elemen yang mencatu energi listrik ke semua elemen yang membutuhkannya. Salah satu bentuk konkrit sumber energi adalah batere untuk sistem yang berpindah tempat, atau adaptor AC-DC untuk sistem yang stasionari (tetap di tempat).

Struktur mekatronik yang digambarkan di sini dari segi teori kendali disebut sistem umpan balik (*closed loop*). Sistem umpan balik ini menyerupai makhluk hidup yang dalam melakukan kegiatan selalu merevisi tindakannya berdasarkan informasi umpan balik yang dikirim oleh indra ke otak. Analogi sistem mekatronika dan manusia sebagai contoh makhluk hidup ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

Kiranya dapat diterima secara alami bahwa arah inovasi iptek mekatronika adalah merealisasikan sistem mekanik yang mampu melakukan pekerjaan seperti halnya seorang manusia yang memiliki kondisi yang sempurna.



Gambar 2.15 Analogi Mekatronika dan Manusia

Sumber : (Rijanto, 2005)

2.3.2 Jenis Sensor dan Transduser

Sensor adalah alat yang digunakan untuk merubah suatu besaran fisik menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu. Misalnya LDR (*Light Dependent Resistor*), Photo Transistor, Photo Dioda, PTC (*Positive Temperature Coefisient*), NTC (*Negative Temperature Coefisient*), dan lain-lain.

Transduser adalah alat yang dapat mengubah energi dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Misalnya *microphone* dan *loud speaker*.

2.3.2.1 Klasifikasi Sensor

Secara umum berdasarkan fungsi dan penggunaannya sensor dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu:

- sensor *thermal* (panas)
- sensor mekanis
- sensor optik (cahaya)

Sensor *thermal* adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi gejala perubahan panas / temperature / suhu pada suatu dimensi benda atau dimensi ruang tertentu. Contohnya; bimetal, termistor, termokopel, RTD, *photo* transistor, *photo* dioda, *photo* multiplier, *photovoltaik*, *infrared pyrometer*, *hygrometer*, dan sebagainya.

Sensor mekanis adalah sensor yang mendeteksi perubahan gerak mekanis, seperti perpindahan atau pergeseran atau posisi, gerak lurus dan melingkar, tekanan, aliran, level dsb. Contoh; *strain gage*, linear variable differential transformer (LVDT), *proximity*, *potensiometer*, *load cell*, *bourdon tube*, dan sebagainya.

Sensor *optic* atau cahaya adalah sensor yang mendeteksi perubahan cahaya dari sumber cahaya, pantulan cahaya ataupun bias cahaya yang mengenai benda atau ruangan. Contoh; *photo cell*, *photo transistor*, *photo diode*, *photo voltaic*, *photo multiplier*, *pyrometer optic*, dan sebagainya.

2.3.2.2 Klasifikasi Transduser

Self generating transducer (transduser pembangkit sendiri) adalah transduser yang hanya memerlukan satu sumber energi. Contoh: *piezo electric*, *termocouple*, *photovoltaic*, *termistor*, dan sebagainya. Ciri transduser ini adalah dihasilkannya suatu energi listrik dari transduser secara langsung. Dalam hal ini transduser berperan sebagai sumber tegangan.

External power transducer (transduser daya dari luar) adalah transduser yang memerlukan sejumlah energi dari luar untuk menghasilkan suatu keluaran. Contoh: RTD (*resistance thermal detector*), *strain gauge*, LVDT (*linier variable differential transformer*), *Potensiometer*, NTC, dan sebagainya (William D.C, 1993).

2.3.3 Teori Relay Elektro Mekanik

Relay adalah saklar mekanik yang dikendalikan atau dikontrol secara elektronik (elektro magnetik). Saklar pada *relay* akan terjadi perubahan posisi OFF ke ON pada saat diberikan energi elektro magnetik pada armatur *relay* tersebut. *Relay* pada dasarnya terdiri dari 2 bagian utama yaitu saklar mekanik dan sistem pembangkit elektromagnetik (induktor inti besi). Saklar atau kontaktor *relay* dikendalikan menggunakan tegangan listrik yang diberikan ke induktor pembangkit magnet untuk menarik armatur tuas saklar atau kontaktor *relay*



Gambar 2.16 Relay elaktro mekanik

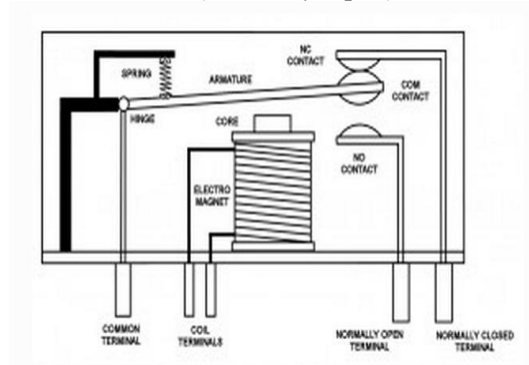
Relay dibutuhkan dalam rangkaian elektronika sebagai eksekutor sekaligus *interface* antara beban dan sistem kendali elektronika yang berbeda sitem *power suplynya*. Secara fisik antara saklar atau kontaktor dengan elektromagnet *relay* terpisah sehingga antara beban dan sistem control terpisah. Bagian utama relay elektro mekanik adalah sebagai berikut:

1. Kumparan electromagnet
2. Saklar atau kontaktor

3. Swimming Armatur
4. Spring (Pegas)

2.3.3.1 Konstruksi Relai Elektro Mekanik Posisi NC (Normally Close)

Pada saat elektromagnet tidak diberikan sumber tegangan maka tidak ada medan magnet yang menarik armature, sehingga saklar *relay* tetap terhubung ke terminal NC (*Normally Close*) seperti terlihat pada gambar konstruksi diatas. Kemudian pada saat elektromagnet diberikan sumber tegangan maka terdapat medan magnet yang menarik armature, sehingga saklar *relay* terhubung ke terminal NO (*Normally Open*)



Gambar 2.17 Konstruksi relay posisi NC

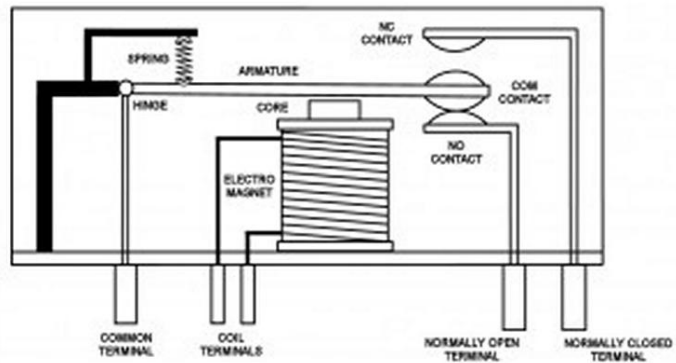
2.3.3.2 Konstruksi Relay Elektro Mekanik Posisi NO Normally Open)

Relay elektro mekanik memiliki kondisi saklar atau kontraktor dalam 3 posisi. Ketiga posisi saklar atau kontaktor *relay* ini akan berubah pada saat *relay* mendapat tegangan sumber pada elektromagnetnya. Ketiga posisi *saklar* *relay* tersebut adalah:

1. Posisi *Normally Open* (NO), yaitu posisi saklar *relay* yang terhubung ke terminal NO (*Normally Open*).

Kondisi ini akan terjadi pada saat *relay* mendapat tegangan sumber pada elektromagnetnya.

2. *Posisi Normally Close (NC)*, yaitu posisi saklar *relay* yang terhubung ke terminal *NC (Normally Close)*. Kondisi ini terjadi pada saat *relay* tidak mendapat tegangan sumber pada elektromagnetnya.
3. *Posisi Change Over (CO)*, yaitu kondisi perubahan armatur saklar *relay* yang berubah dari posisi *NC* ke *NO* atau sebaliknya dari *NO* ke *NC*. Kondisi ini terjadi saat sumber tegangan diberikan ke elektromagnet atau saat sumber tegangan di putus dari elektromagnet *relay*.



Gambar 2.18 Konstruksi relay posisi NO

Relay yang ada dipasaran terdapat beberapa jenis sesuai dengan desain yang ditentukan oleh produsen *relay*. Dilihat dari desain saklar *relay* maka *relay* dibedakan menjadi :

1. *Single pole Single Throw (SPST)*, *relay* ini memiliki 4 terminal yaitu 2 terminal untuk input kumparan elektromagnet dan 2 terminal saklar. *Relay* ini hanya memiliki posisi *NO (Normalli Open)* saja.
2. *Single Pole Double Throw (SPDT)*, *relay* ini memiliki 5 terminal yaitu terdiri dari 2 terminal untuk input

kumparan elektromagnetik dan 3 terminal saklar. *Relay* jenis ini memiliki 2 kondisi NO dan NC.

3. *Double Pole Single Throw (DPST)*, relay jenis ini memiliki 6 terminal yaitu terdiri dari 2 terminal untuk input kumparan elektromagnetik dan 4 terminal saklar untuk 2 saklar yang masing-masing saklar hanya memiliki kondisi NO saja.
4. *Double Pole Double Throw (DPDT)*, relay jenis ini memiliki 8 terminal yang terdiri dari 2 terminal untuk kumparan elektromagnetik 6 terminal untuk 2 saklar dengan 2 kondisi NC dan NO untuk masing-masing saklarnya.

Relay dapat digunakan untuk mengontrol motor AC dengan rangkaian kontrol DC atau beban lain dengan sumber tegangan yang berbeda antara tegangan rangkaian kontrol dan tegangan beban. Diantara aplikasi *relay* yang dapat ditemui diantaranya adalah :

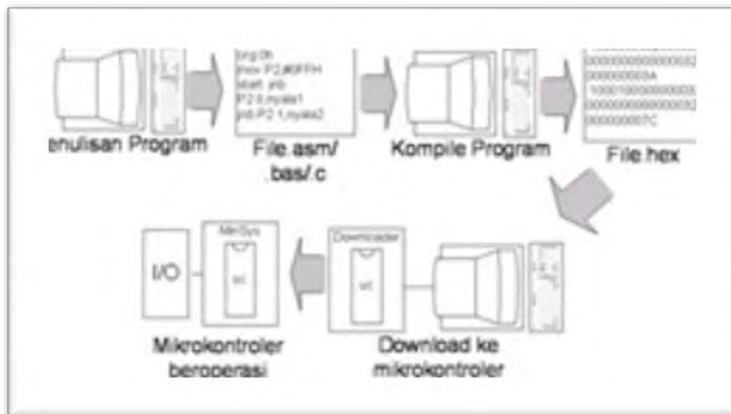
1. *Relay* sebagai kontrol ON/OFF beban dengan sumber tegangan berbeda.
2. *Relay* sebagai selektor atau pemilih hubungan.
3. *Relay* sebagai eksekutor rangkaian delay (tunda)
4. *Relay* sebagai protektor atau pemutus arus pada kondisi tertentu.

2.4 Pemrograman Mikro-kontroler

Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai „otak“ yang mengendalikan input, proses dan output sebuah rangkaian elektronik.

2.4.1 Pemrograman Mikro-kontroler Secara Umum

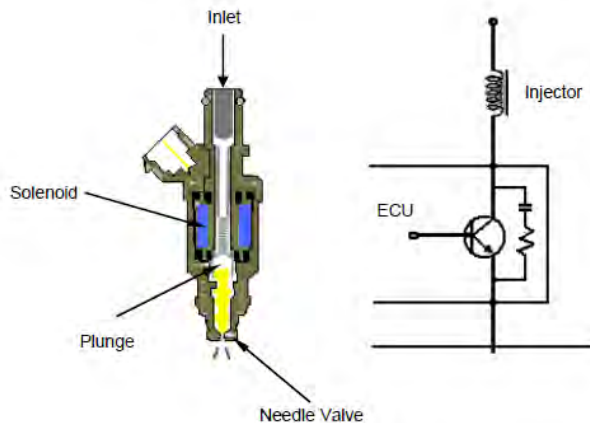
Untuk memprogram suatu mikrokontroler terdapat banyak bahasa pemrograman yang dapat digunakan. Bahasa pemrograman yang biasa digunakan dalam pemrograman mikrokontroler terdahulu adalah Assembly. File bahasa Assembly (ASM) dapat dituliskan menggunakan pengolah kata (misal Notepad), untuk kemudian dikompile menggunakan Assembler untuk mendapatkan file HEX. File HEX inilah yang dimasukkan ke mikrokontroler menggunakan perangkat lunak pemrogram (programmer) melalui perantara kabel paralel ataupun serial. Gambar 2.15 menunjukkan langkah-langkah pada pemrograman mikrokontroler secara umum. Saat ini telah dikembangkan beberapa kompiler untuk beberapa bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dapat digunakan pada pemrograman mikrokontroler. Untuk mikrokontroler keluarga AVR perangkat lunak pemrograman yang dapat digunakan antara lain SDCC (Small Device C Compiler) dari Sandepp Duta, Bascom-AVR (Basic Compiler) dari MCS Electronics, CodeVision AVR dari HP InfoTech, dan WinAVR serta Arduino.



Gambar 2.19 Langkah-langkah Pemrograman Mikro-kontroler

2.5 Prinsip Kerja Injeksi

Motor Pembakaran Dalam- Injeksi adalah salah satu bagian dari system bahan bakar yang akan mengabutkan bahan bakar agar terjadi proses percampuran yang homogen antara udara dan bahan bakar. Injector dilengkapi dengan plunger yang akan membuka dan menutup saluran bahan bakar dan kerja plunger dikontrol oleh solenoid yang mendapat instruksi dari engine ECU. Bahan bakar akan keluar lebih gemuk manakala plunger waktu tertahan lebih panjang dan sebaliknya. Pengaturan campuran bahan bakar gemuk, kurus dan saat kapan mulai diinjeksikan tergantung dari sinyal yang dikirim oleh engine ECU.



Gambar 2.20 Injector (*Sumber: Diktat injector*)

2.6 Motor Stepper

Motor stepper adalah motor yang digunakan sebagai penggerak/pemutar. Prinsip kerja motor stepper mirip dengan motor DC, sama-sama dicatu dengan tegangan DC untuk memperoleh medan magnet. Bila motor DC memiliki magnet tetap pada stator, motor stepper mempunyai magnet tetap pada rotor. Motor stepper dinyatakan dengan spesifikasi : “berapa

phasa “, “berapa derajat perstep”, “berapa volt tegangan catu untuk tiap lilitan” dan ”berapa ampere/miliampere arus yang dibutuhkan untuk tiap lilitan”. Motor stepper tidak dapat bergerak sendirinya, tetapi bergerak secara per-step sesuai dengan spesifikasinya, dan bergerak dari satu step ke step berikutnya memerlukan waktu, serta menghasilkan torsi yang besar pada kecepatan rendah. Motor stepper juga memiliki karakteristik yang lain yaitu torsi penahan, yang memungkinkan menahan posisinya. Hal ini sangat berguna untuk aplikasi dimana suatu sistem memerlukan keadaan start dan stop (Trianto, 2005).



Gambar 2.21 Motor Stepper

2.7 Rangkaian Kelistrikan

Rangkaian listrik adalah susunan komponen-komponen elektronika yang dirangkai dengan sumber tegangan menjadi satu kesatuan yang memiliki fungsi dan kegunaan tertentu. Arus listrik dalam suatu rangkaian listrik hanya dapat mengalir jika rangkaian listrik tersebut berada dalam keadaan terbuka.

Rangkaian listrik jenis Seri adalah salah satu rangkaian listrik yang disusun secara seri atau dalam formasi berjajar. Baterai dalam senter umumnya disusun dalam rangkaian seri. Sedangkan, rangkaian Paralel adalah salah satu rangkaian listrik yang disusun secara berderet (paralel). Lampu yang dipasang di rumah umumnya merupakan rangkaian paralel. Rangkaian listrik paralel adalah suatu rangkaian listrik, di mana semua input komponen berasal dari sumber yang sama. Semua

komponen satu sama lain tersusun paralel. Hal inilah yang menyebabkan susunan paralel dalam rangkaian listrik menghabiskan biaya yang lebih banyak (kabel penghubung yang diperlukan lebih banyak). Selain kelemahan tersebut, susunan paralel memiliki kelebihan tertentu dibandingkan susunan seri. Adapun kelebihanannya adalah jika salah satu komponen dicabut atau rusak, maka komponen yang lain tetap berfungsi sebagaimana mestinya. Gabungan antara rangkaian seri dan rangkaian paralel disebut rangkaian seri-paralel (kadang disebut sebagai rangkaian campuran atau rangkaian kombinasi).

2.8 Unjuk Kerja Mesin 4 Langkah

Unjuk kerja mesin 4 langkah adalah indikator yang dihasilkan oleh mesin 4 langkah selama dia melakukan siklus kerjanya. Ada 5 parameter unjuk kerja mesin 4 langkah yang berhasil dirangkum dari diktat mata kuliah Motor Pembakaran Dalam, antara lain: Daya, Efisiensi Thermis, Konsumsi Bahan Bakar Spesifik, Tekanan Efektif Rata-rata Dan Tekanan Maksimum.

Pada motor bakar yang dimaksud daya berguna adalah daya poros, karena poros tersebut yang menggerakkan beban. Daya tersebut berasal dari daya indikatif yaitu daya yang dihasilkan oleh ekspansi fluida kerja pada silinder. Sebagian dari daya ini digunakan untuk mengatasi kerugian daya akibat gesekan-gesekan, misalnya : gesekan antara torak (cincin torak) dengan dinding silinder, gesekan antara poros dengan bantalannya, dan juga gesekan antara fluida dengan salurannya. Disamping itu untuk mendukung bekerjanya, mesin memerlukan beberapa aksesoris misalnya : pompa minyak pelumas, pompa air pendingin, pompa bahan bakar, generator, blower, pengisian akumulator, lampu-lampu dan lain-lain. Jadi daya poros adalah :

$$N_e = N_i - (N_g - N_a) \quad \text{(Persamaan 1)}$$

dimana :

N_e : daya poros atau daya efektif (Hp)

N_i : daya indikatif (Hp)

N_g : daya untuk mengatasi gesekan-gesekan (Hp)
 N_a : daya untuk aksesoris mesin (Hp)

Daya poros dapat diukur secara tidak langsung dengan dinamometer. Dinamometer sebenarnya mengukur momen torsi motor. Oleh karena itu memerlukan variabel lain yaitu putaran poros motor yang dapat diukur dengan tachometer. Hubungan antara momen torsi dengan daya motor adalah sebagai berikut :

$$N_e = \frac{\pi n}{30} \times T \times \frac{1}{12 \times 550} \text{ Hp} \quad (\text{Persamaan 2})$$

Keterangan :

T : momen torsi (in-lb)
 n : putaran poros mesin

2.9 Sepeda Motor Gas

Jika kita melihat di media terutama internet, telah banyak orang mencoba memodifikasi sepedamotor mereka sehingga menggunakan bahan bakar gas. Banyak argumen maupun penelitian yang telah diungkapkan tentang kelebihan penggunaan bahan bakar gas ini. Diantaranya seperti yang dibahas oleh I Made Nuarsa yang mengungkapkan bahwa bahan bakar gas adalah gas bumi yang telah dimurnikan dan aman, bersih andal, murah, dipakai sebagai bahan bakar kendaraan bermotor. Komposisi bahan bakar gas sebagian besar terdiri dari gas metana (CH_4) dan etana (C_2H_6) lebih kurang 90% dan selebihnya adalah gas propana (C_3H_8), butane (C_4H_{10}), pentana (C_5H_{12}), nitrogen dan karbon dioksida. Bahan bakar gas lebih ringan daripada udara dengan berat jenis sekitar 0,6036 dan mempunyai nilai oktan 120 (Anonim 4, 2007). Komposisi utama dari bahan bakar gas adalah unsur metana (CH_4) sebesar 95,03%; etana (C_2H_6) sebesar 2,23%; karbondioksida (CO_2) sebesar 1,75%; Nitrogen (N_2) 0,68% dan propana (C_3H_8) sebesar 0,29%. Dari komposisi ini terlihat bahwa komponen utama dari bahan bakar gas adalah gas methana. Berat jenis bahan bakar gas lebih kecil dari berat jenis

udara, sehingga jika terjadi kebocoran baik dari tangki penyimpanan maupun saluran bahan bakar akan segera naik ke atas. Bahan bakar gas karna wujudnya berupa gas, tidak perlu diuapkan terlebih dahulu sebagaimana pada bahan bakar minyak (gasolin), sehingga permasalahan pada saat start pada suhu rendah dan emisi yang berlebihan karena terlalu kayanya campuran bahan bakar udara pada saat start dapat diperkecil. Nilai oktan bahan bakar gas lebih tinggi dibandingkan gasoline, yaitu antara 120 sampai 130. Dengan tingginya nilai oktan tersebut maka pada ratio kompresi yang lebih tinggi tidak terjadi knocking pada motor. Keunggulan bahan bakar gas di tinjau dari proses pembakarannya didalam ruang bakar adalah karena bahan bakar gas memiliki perbandingan atom karbon terhadap atom hidrogen yang rendah, sehingga pembakaran menjadi lebih sempurna. Mengingat bahan bakar gas sudah berada pada fase gas, maka dengan mudah dapat bercampur dengan udara dalam ruang bakar, sehingga oksigen dapat dengan mudah bergabung dengan karbon dan memberikan reaksi pembentukan CO_2 bukan CO . Disamping itu karena jumlah atom karbon molekul bahan bakar gas lebih sedikit dibandingkan bahan bakar minyak, maka CO yang terbentuk dari proses pembakaran juga lebih sedikit (Philip dkk, 2001). Agar dapat menggunakan bahan bakar gas sebagai bahan bakar untuk kendaraan bermotor dibutuhkan suatu perangkat konversi bahan bakar gas yang disebut konversion kit. Dalam membuat konversion kit prinsipnya adalah konversion kit tersebut dapat mengatur flow rate bahan bakar gas serta tidak mengalami kebocoran pada sistem injeksi, bahan bakar langsung dimasukkan kedalam manifold dan bercampur dengan udara di dalam manifold. Dalam hal ini karburator tidak lagi berfungsi sebagai pencampur udara dan bahan bakar melainkan hanya mengatur jumlah udara yang masuk

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI

3.1 Metode yang digunakan

Metode yang dipakai penulis dalam proses rancang bangun sistem injek Gas (d'ECU) D3 teknik mesin Electronic Control Unit ini terdiri dari gambaran prosedur penelitian yang dilengkapi dengan diagram alir penelitian.

3.2 Alat dan Bahan

Pengujian sistem injeksi Gas d'ECU ini dalam prosesnya menggunakan beberapa alat ukur sebagai penunjang serta penentu nilai dan gambaran output maupun input. Selain itu, sistem injeksi Gas d'ECU ini terdiri dari beberapa bahan yang nantinya dapat dirakit dan juga di lengkapi dengan tiga sensor dan sebuah actuator yang nantinya tersambung menjadi satu-kesatuan.

Beberapa alat dan bahan utama yang digunakan diantaranya:

1. Aki (Baterai)

Baterai atau aki, atau bisa juga accu adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel, adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel. Baterai atau aki pada mobil berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia, yang akan digunakan untuk mensuplai (menyediakan) listrik ke sistem starter, sistem pengapian, lampu-lampu dan komponen komponen kelistrikan lainnya



Gambar 3.1 Akumulator (Baterai)

2. Tools dan Kunci Lainnya

Tools kumpulan berbagai aneka kunci, seperti kunci inggris, tang, dan mata kunci itu wajib dimiliki oleh bengkel. Di dalam bengkel Otomotif maupun bengkel kerja bangku dikenal ada dua jenis alat bantu kerja yaitu Alat Tangan Kerja Otomotif dan Alat Mesin Kerja Otomotif. Ada beberapa jenis peralatan tangan kerja otomotif yang sering digunakan sebagai alat bantu atau alat utama proses pengerjaan. Jenis peralatan kerja otomotif antara lain kunci pas ring, obeng ples min, tang, kunci L, kunci sock, kunci inggris dll.



Gambar 3.2 alat-alat bengkel otomotif

3. Kabel

Kabel adalah alat yang digunakan untuk menghantarkan listrik dari satu komponen kelistrikan ke komponen kelistrikan lain. Adapun kabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah kabel tembaga dengan diameter 0,5 mm.

4. Sekring (Fuse)

Sekring atau fuse adalah alat yang dapat memutuskan arus listrik pada saat terjadi hubung singkat (short) atau arus berlebih (over current) pada rangkaian listrik atau beban lainnya, seperti pada kendaraan, instalasi dirumah, rangkaian elektronik dll. Sekring yang digunakan dalam penelitian ini adalah sekring jenis tabung dengan batasan arus 3 ampere dan 5 ampere.



Gambar 3.3 Sekring Tabung

5. Multitester (AVO Meter)

AVO meter atau yang biasa disebut multitester adalah alat untuk mengukur arus, tegangan dan hambatan listrik. AVO meter adalah kependekan dari Ampere Volt Ohm meter. Ada dua jenis AVO meter yaitu AVO meter analog (tampilannya berupa jarum putar) dan AVO meter digital (tampilannya berupa display digital).



Gambar 3.4 Multitester Analog dan Digital

6. Kabel USB Typical AB

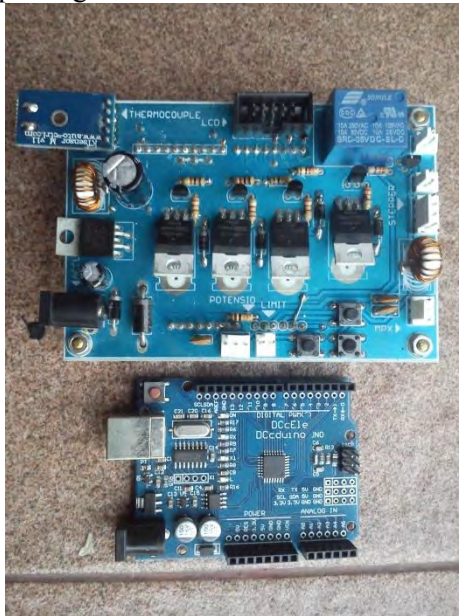
Kabel USB (*Universal Serial Bus*) digunakan untuk menghubungkan laptop dengan d'ECU. Adapun tipe kabel USB yang digunakan adalah typical AB dengan panjang kabel 1,2 meter.



Gambar 3.5 Kabel USB Typical AB

7. d'ECU

Pada d'ECU terdapat dua bagian yaitu mainboard upper conector dan micro controller (*arduino uno*). Arus dari baterai 12 volt masuk Pada *mainboard upper conector* kemudian arus dibagi ke komponen-komponen yang membutuhkan arus listrik seperti sensor-sensor dan lain-lain, sedangkan *arduino uno* berfungsi untuk menyimpan data dan pemrograman.



Gambar 3.6 d'ECU

8. Manifold Absolut Pressure (MAP) Sensor

MAP sensor yang digunakan adalah *pressure sensor* tipe MPX-5100 yang dirangkai dan disatukan pada Throttle Body. Adapun range kerja dari sensor ini adalah antara 20 kPa hingga 100 kPa dan tegangan output sebesar 0,2 - 4,9 volt. Sensor ini mengadopsi sistem kerja Capacitancy, yang mana di dalamnya terdapat diafragma yang bekerja

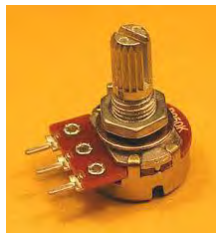
akibat tekanan rongga untuk membuat kapasitor variabel dengan mendeteksi regangan yang diakibatkan oleh tekanan yang diberikan.



Gambar 3.7 Sensor MAP MPX5100AP

9. Throttle Position Sensor (TPS)

TPS yang digunakan didalam penelitian ini adalah potentiometer yang diletakan pada Throtle Body dan dihubungkan dengan katup gas (Throtle valve). Cara kerja sensor ini menggunakan prinsip Resistansi, yang mana hambatannya akan berubah-ubah akibat gerak dari *sliding contact*. Adapun resistensi terkecil yang dihasilkan oleh sensor ini adalah 2,53 kilo-ohm dan terbesar adalah 3,33 kilo-ohm.



Gambar 3.8 potentio meter sebagai sensor TPS

10. Engine Oil Temperature (EOT)

Engine oil temperature atau disingkat EOT berfungsi untuk mendeteksi temperatur oli didalam engine, jika temperatur oli masih dingin berarti injektor harus menyemprotkan bahan bakar lebih banyak dan jika

temperatur oli sudah naik berarti engine sudah tidak membutuhkan suplay bahan bakar banyak sehingga injektor hanya menyemprotkan bahan bakar sedikit. Sensor yang dihubungkan seri dengan tahanan dan diberi tegangan 5 V. Bila tegangan pada sensor berubah (karena temperature), maka tegangan yang ke ECU juga berubah. Tegangan kerja adalah 4,5 s/d 0,2 Volt, dari dingin ke panas.



Gambar 3.9 Engine Oil Temperature Sensor

11. Injektor

Injektor yang dipakai ada 2 yang pertama yaitu injektor buatan sendiri yang sangat sederhana yang terbuat dari logam kecil yang tengahnya berlubang dan pemasukan bahan bakarnya di atur oleh motor stepper yang d kontrol oleh d'ECU, dan yang ke dua yaitu dari Yamaha Jupiter Z1 dengan tegangan input sebesar 12 volt seperti gambar di bawah.

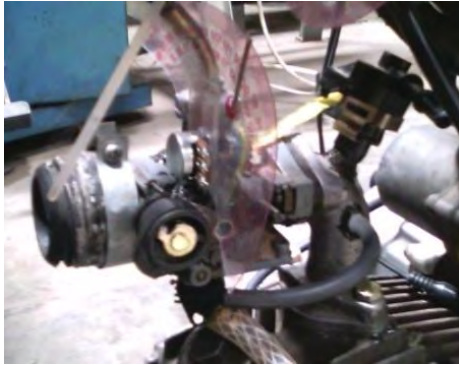


Gambar 3.10 injektor

12. Throtle Body

Dalam bahan bakar mesin injeksi, throttle body adalah bagian dari sistem asupan udara yang mengontrol jumlah udara yang mengalir kedalam mesin, Throttle body terletak antara saringan udara dan intake manifold, sensor aliran udara Bagian terbesar dalam tubuh throttle adalah pelat throttle, yang berupa tabung yang mengatur debit aliran udara. dengan kontrol throttle elektronik, yang mengontrol hubungan throttle dengan putaran gas terhubung tidak ke throttle body, tapi untuk sensor yang mengirimkan posisi pedal ke Engin Control Unit (d'ECU). d'ECU menentukan pembukaan regulator berdasarkan posisi pedal gas dan masukan dari sensor mesin lainnya.

Throtle body yang digunakan pada sepeda motor injeksi gas (wisanggeni) ini adalah bukan asli dari pabrikan, Throtle body yang di pakai ini adalah karburator honda supra x tahun 2000 yang sudah dimodivikasi menyerupai throtle body yang dipasang dua sensor (TPS dan MAP), dan juga dipasang injektor low preasure dan high preasure.



Gambar 3.11 Throttle Body

13. Motor Stepper

- Catu daya : 12 VDC
- Arus : 2,3A (maks)
- Torsi : 8 kg.cm
- Ketelitian : 1,8 derajat
- Sinyal : Pulsa
- Panjang poros : 15 mm
- Arus : 0,6A
- Jenis motor : Unipolar



Gambar 3.12 Motor Stepper

14. Mesin sepeda Motor Supra X 100 cc

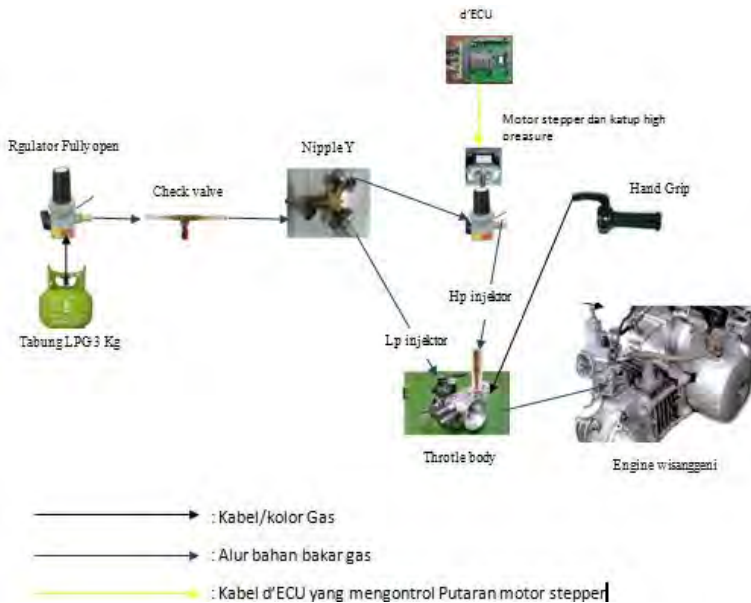
Mesin yang dipakai adalah mesin silinder tunggal dari Honda Supra-X dengan volume silinder 100cc.

- Tipe engine : 4 Langkah
- Diameter x langkah : 50 x 49,5 mm
- Volume langkah : 97,1 cc
- Perbandingan kompresi : 9,0 : 1
- Kapasitas pelumas : 0,7 liter
- Gigi transmisi : 4 kecepatan
- Aki : 12 V; 3,5 Ah
- Busi : NGK C6HSA
- Sistem pengapian : AC-CDI
- Pemasukan bahan bakar : Karburator

3.3 Skema Pengaturan Sistem Pemasukan Bahan Bakar LPG Oleh d'ECU

3.3.1 Alur Bahan Bakar Gas LPG

Skema sederhana sistem bahan bakar gas dalam penelitian ini dapat dilihat pada skema gambar 3.18 dimana jalur-jalur sistem pemasukan bahan bakar gas LPG di tunjukan.



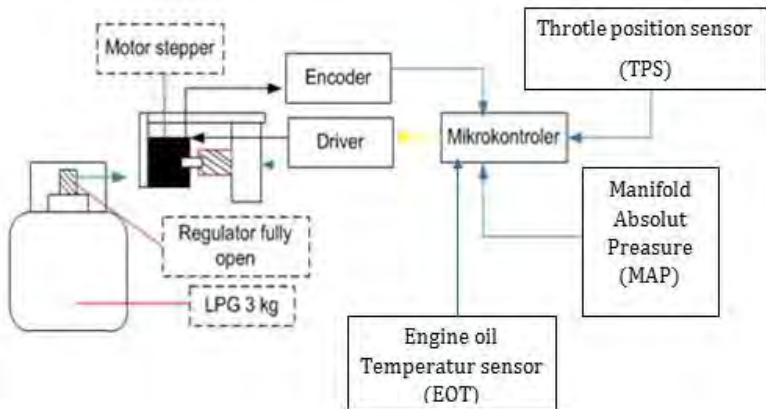
Gambar 3.13 Skema Aliran Bahan Bakar Gas LPG

Alur Bahan Bakar Gas dari Tabung LPG ke engine :

Pertama-tama gas LPG keluar dari tabung melalui regulator tekanan tinggi menuju Nipple gas T. Saat berada di Nipple gas T gas dipisah menjadi 2, yang pertama menuju *low pressure injektor* pada Throtle body gas, yang berguna saat mesin berputar idle atau kondisi tidak ada beban, dan yang kedua menuju katup yang digerakan oleh motor stepper yang dikontrol oleh d'ECU, sehingga derajat pembukaan katup di atur oleh d'ECU berdasarkan sensor yang digunakan, sehingga bahan bakar yang mengalir akan sesuai dengan jumlah udara yang masuk, kemudian bahan bakar dialirkan ke *high pressure injektor* pada throttle body dan bercampur dengan udara didalam intake manifold dan masuk kedalam engine secara bersamaan.

3.3.2 D3 mesin Electronic Control Unit (d'ECU)

Skema instalasi Electronic control Unit pada sistem pemasukan dapat dilihat pada gambar 3.19.



Gambar 3.14 Skema instalasi eksperimen menggunakan d'ECU

Cara kerja d'ECU :

Inputan dari sensor TPS dan EOT diolah oleh mikrokontroler, kemudian mikrokontroler mengirimkan informasi ke driver sehingga driver dapat menggerakkan motor stepper beberapa derajat sesuai dengan keinginan variabel kontrol dari *encoder* untuk putaran engine RPM menengah sampai putaran tinggi, kemudian inputan dari sensor MAP juga diolah oleh mikrokontroler kemudian mikrokontroler mengirimkan informasi ke driver agar arus yang mengalir ke low pressure injektor di putus pada saat decelerasi agar tidak terjadi pemborosan bahan bakar. Sumber tegangan didapat dari kunci kontak sepeda motor. Untuk tegangan pada mikrokontroler yang membutuhkan tegangan sebesar 12 volt, pada driver membutuhkan tegangan 5 volt dan motor stepper membutuhkan tegangan 12 volt.

3.4 **Prosedur Percobaan**

Tahapan pengujian kecepatan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Persiapan Percobaan *Full Gas system Injeksi d'ECU*
 - a. Siapkan sepeda motor wisanggeni
 - b. Pasang throttle body injeksi yg sudah dimodifikasi untuk bahan bakar gas LPG
 - c. Cek busi apakah masih menyala dengan baik
 - d. Pengecekan kondisi saluran bahan bakar
 - e. Pemasangan selang pada ujung-ujung Niple gas dan regulator
 - f. Pengecekan kerapatan selang dengan memutar baut klem
 - g. Pemasangan regulator tekanan tinggi pada tabung LPG
 - h. Pengecekan sambungan-sambungan
 - i. Pemasangan d'ECU pengecekan sambungan kabel
 - j. Uji coba penyalan motor gas injeksi dengan d'ECU
2. Percobaan *Full Gas System Injeksi d'ECU*
 - a. Buka kran bahan bakar
 - b. Putar kunci kontak pada posisi on
 - c. Hidupkan sepeda motor
 - d. Biarkan sepedamotor hidup pada posisi idle selama kurang lebih 2 menit
 - e. Siapkan Handpone untuk merekam video dan mencatat waktu kecepatan sepeda motor.
 - f. Siapkan sepeda motor untuk melakukan tes drive
 - g. Lakukan tes drive dari posisi gigi 1 hingga 4 dengan mencatat waktu akselerasi pada setiap kecepatan 10 km/jam sampai 80 km/jam
 - h. Catat waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan 80 km/jam
 - i. Jika pengambilan data sudah cukup maka putar kunci kontak ke arah off dan tutup keran bahan bakar.

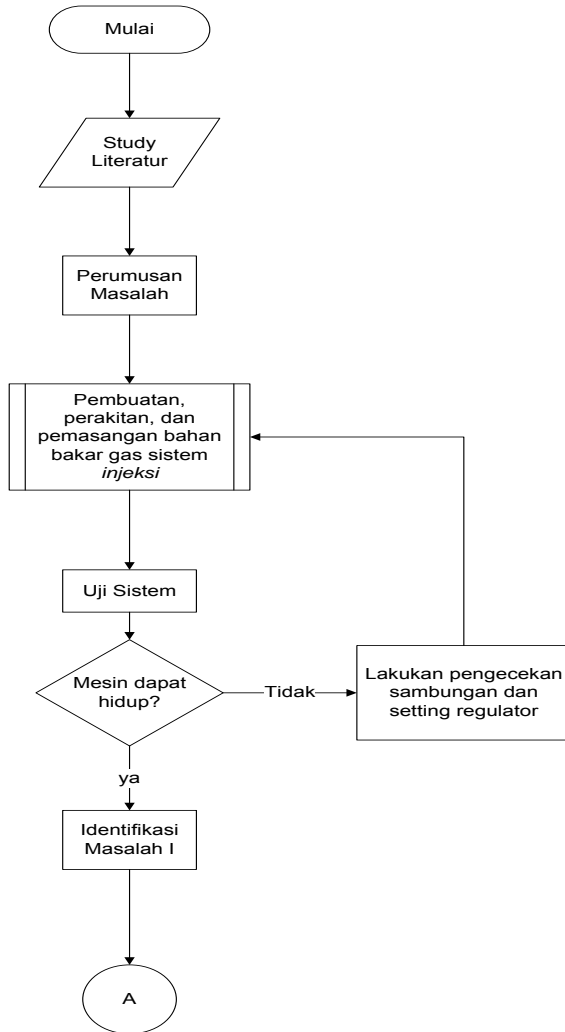
3.5 Sistem Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan variasi sebagai berikut:

1. Studi Literatur, bertujuan untuk mendapatkan berbagai macam informasi dan data yang berkaitan dengan obyek penelitian, misalnya tekanan dan kebutuhann mesin akan bahan bakar gas.
2. Melakukan percobaan di Workshop D3 Teknik Mesin dan jalan raya untuk mendapatkan data dari sensor-sensor dan berupa derajat putaran hendle regulator dan kondisi pembebanan.
3. Analisa data, dalam hal ini dilakukan analisa data untuk selanjutnya membuat program untuk *microcontrol*
4. Pembahasan dan evaluasi, dalam hal ini akan dilakukan pembahasan serta evaluasi terhadap hasil-hasil yang didapat.
5. Kesimpulan.

3.6 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir prosedur proses pengaplikasian sistem injeksi d'ECU ke sepeda motor wisanggeni dari awal sampai akhir, dapat dilihat dibawah ini :



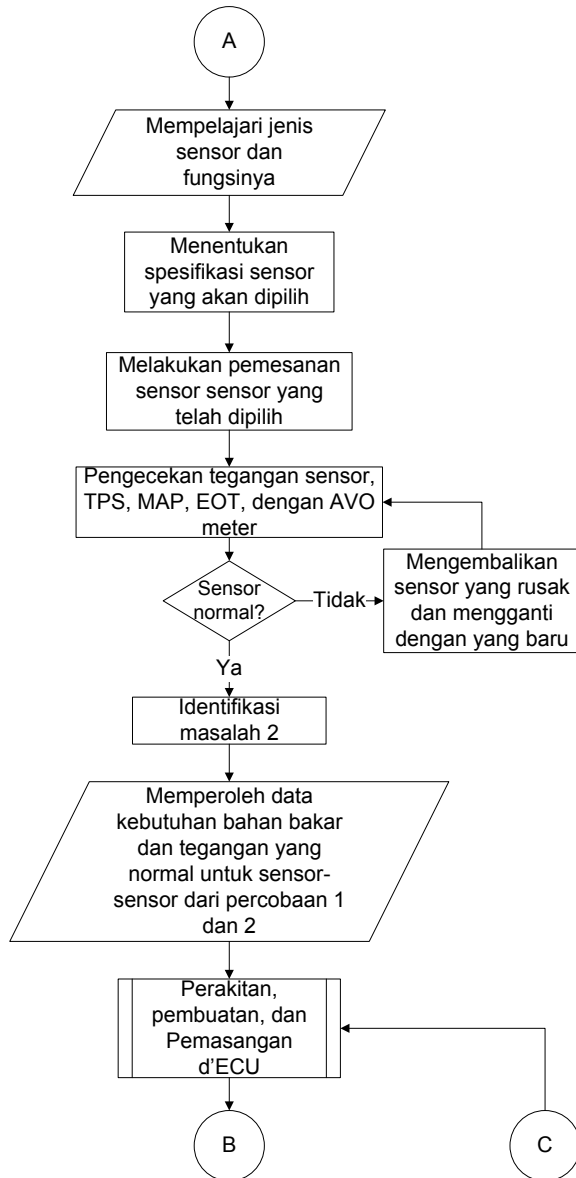




Diagram Alir Menggunakan Bahan Bakar Gas Sistem Injeksi dengan d'ECU

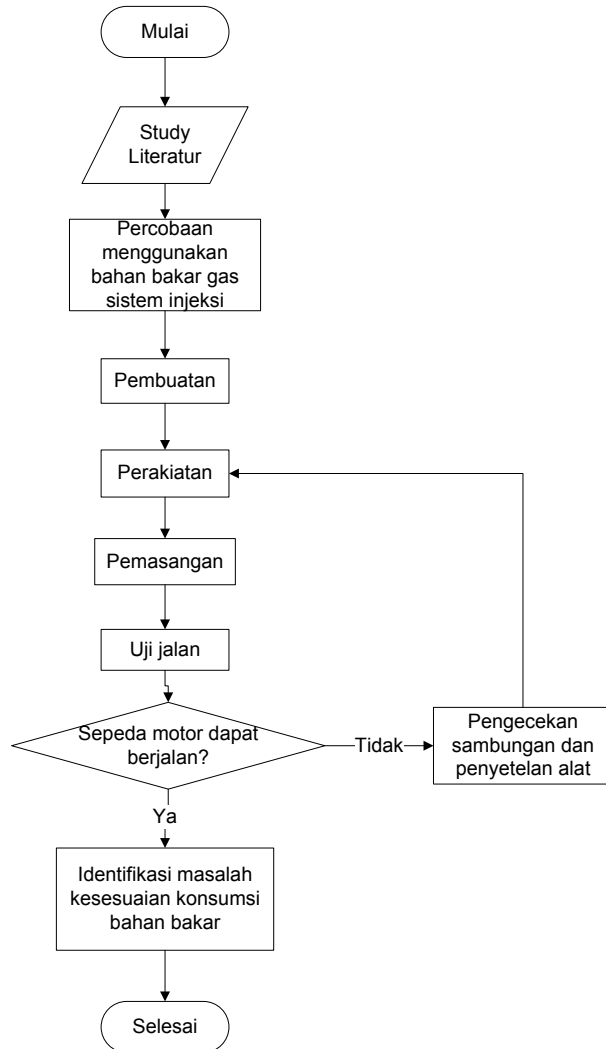


Diagram Alir Spesifikasi Sensor yang Akan Digunakan

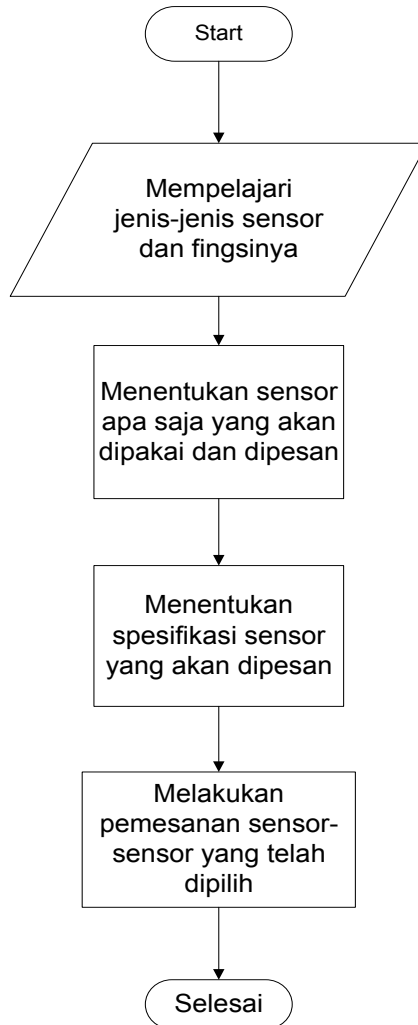


Diagram Alir Pembuatan D3 Mesin Electronic control Unit (d'ECU)

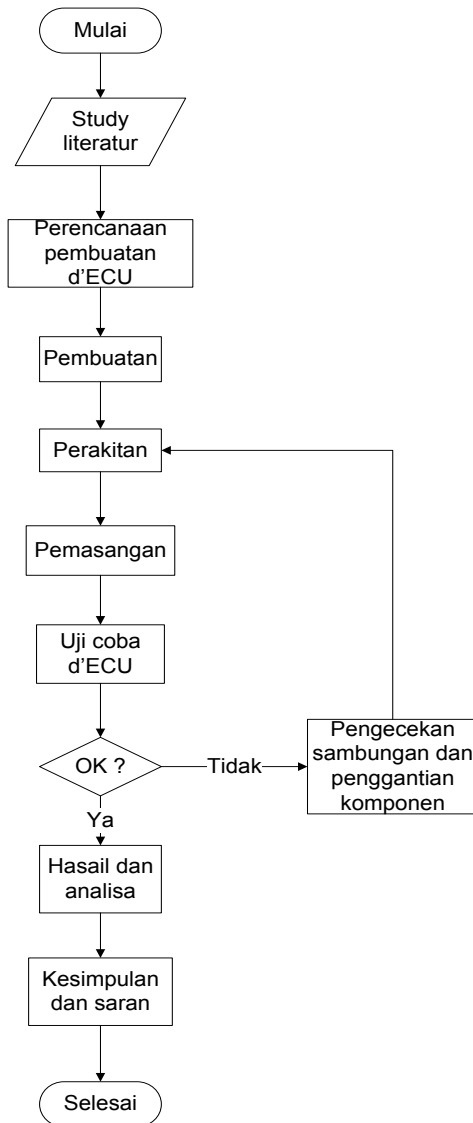
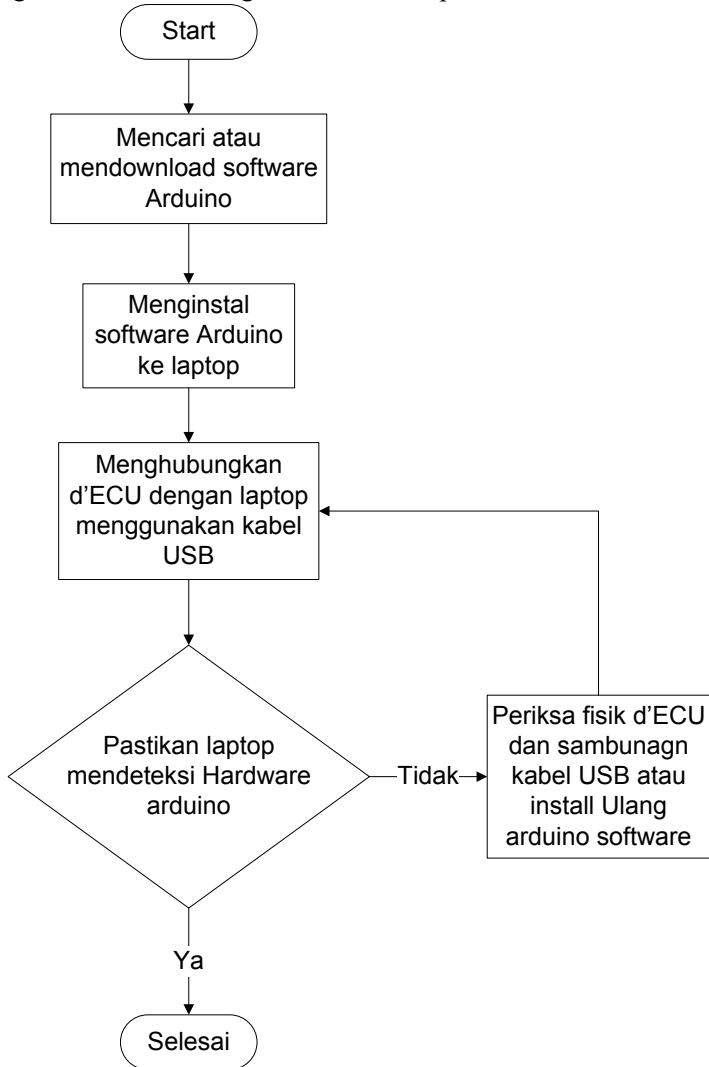


Diagram Alir Conecting d'ECU to Computer



(halaman ini sengaja dikosongkan)

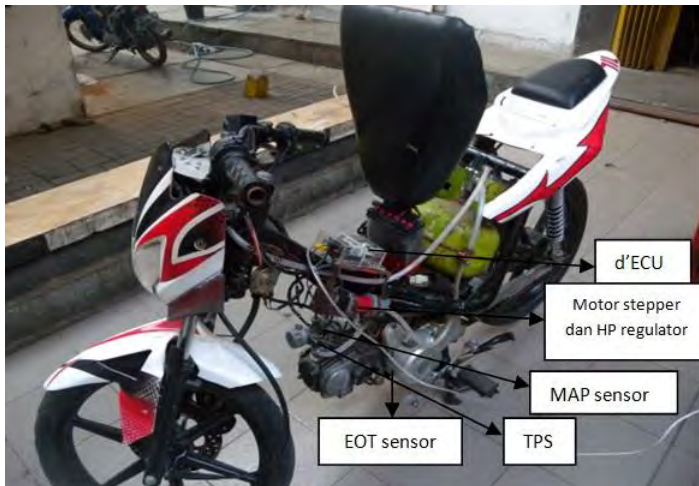
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Sistem Injeksi Gas (Wisanggeni)

Sistem EFI merupakan sistem penyemprotan bahan bakar yang dalam kinerjanya dikontrol secara elektronik agar didapatkan nilai campuran udara dan bahan bakar selalu sesuai dengan kebutuhan motor bakar, sehingga didapatkan daya motor yang optimal dengan pemakaian bahan bakar yang minimal serta mempunyai gas buang yang ramah lingkungan.

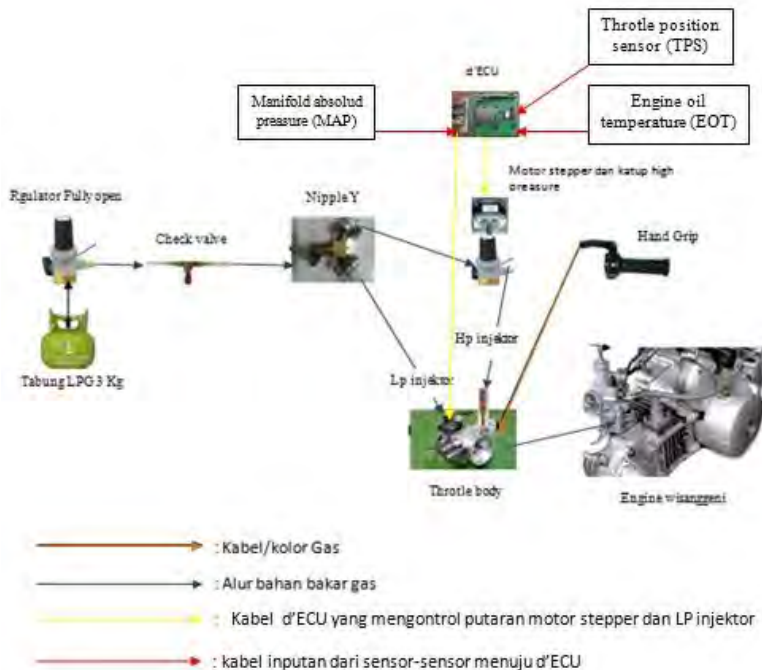
Sistem injeksi baik yang berbahan bakar bensin maupun gas pada dasarnya adalah sama, yaitu terdiri dari input berupa sensor-sensor, dikontrol oleh ECU (*Electronic Control Unit*), serta outputan pada actuator berupa injector.

Contoh penempatan komponen-komponen sistem injeksi pada sepeda motor gas dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.1 Desain penempatan komponen-komponen
sepedamotor injeksi gas

4.1.1 Alur Bahan Bakar Sepeda Motor Gas Injeksi (Wisanggeni)



Gambar 4.2 sistem injeksi Gas yg di kontrol d'ECU

Gambar 4.3 adalah gambaran sederhana dari sitem injeksi berbahan bakar gas LPG yang di kontrol oleh d'ECU (*D3 teknik mesin Electronic Kontrol Unit*). Pada sistem injeksi sepeda motor berbahan bakar gas ini alur bahan bakar gasnya di mulai dari tabung gas LPG 3 kg kemudian keluar dari regulator dan melewati chek valve (katup pengaman), setelah melewati chek valve kemudian bahan bakar gas dipisah menjadi dua melalui niple Y, yang pertama bahan bakar akan mengalir ke saluran utama untuk putaran tinggi yaitu katup high preasure yang

digerakan oleh motor stepper yang selanjutnya akan di alirkan ke high preasure injektor dan di injeksikan, dan yang ke dua bahan bakar akan mengalir dari niple Y menuju low preasure injektor dan di injeksikan untuk putaran rendah.

4.1.2 Sensor –sensor yang Digunakan Pada Sistem Injeksi Sepeda Motor Gas (wisanggeni)

Pada penelitian kali ini d'ECU menggunakan 3 sensor sebagai pengindra dari sistem injeksi sepedamotor wisanggeni yaitu: sensor TPS, EOT, dan MAP. Ketiga sensor itu sangat berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar yang akan di injeksikan, berikut penjelasan sensor-sensor yang digunakan pada sepeda motor gas wisanggei. Pada penelitian kali ini hanya menggunakan 3 sensor yaitu :

1. TPS (*Throttle Position sensor*), sensor ini berfungsi untuk mendeteksi bukaan throttle valve atau yang biasanya disebut katup gas, prinsip kerjanya yaitu TPS mendeteksi bukaan throttle valve dalam derajat kemudian TPS mengeluarkan tegangan output sesuai bukaan throttle valve ke d'ECU, kemudian d'ECU mengolah sinyal yang diterima dari TPS dan d'ECU memerintah motor stepper berputar dan membuka katup bahan bakar gas sekian derajat sesuai bukaan throttle valve, semakin besar bukaan throttle valve maka semakin besar tegangan output yang dikirim sensor ke d'ECU dan semakin banyak juga putaran motor stepper untuk membuka katup bahan bakargas. Berikut gambar TPS sensor yang digunakan pada sepeda motor gas wisanggeni.



Gambar 4.3 Potentiometer sebagai sensor TPS

2. EOT (*Engine Oil Temperature*) berfungsi untuk mendeteksi temperature oli mesin, prinsip kerjanya yaitu pada pagi hari biasanya suhu mesin dan oli mesin masih dingin dan motor sulit dihidupkan, pada saat itu EOT membaca suhu oli mesin sekian derajat celcius dan jika suhu oli di bawah kondisi standar maka EOT akan mengeluarkan tegangan output ke d'ECU kemudian d'ECU mengolah sinyal yang diterima dari EOT dan d'ECU memerintah motor stepper untuk menambah putaranya sekian derajat (sekitar dua sampai tiga derajat) agar katup bahan bakar gas sedikit terbuka lebih banyak, karena mesin dalam kondisi dingin akan membutuhkan bahan bakar lebih banyak. Berikut adalah gambar sensor EOT.



Gambar 4.4 EOT sensor

3. MAP (*Manifold Absolut Preasure*) sensor berfungsi untuk mendeteksi tekanan atau kevakuman didalam ruang intake manifold, prinsip kerjanya yaitu ketika motor dalam keadaan decelerasi atau penurunan RPM atau pedal gas d lepas tiba-tiba pada saat putaran tinggi maka didalam intake manifold akan terjadi kevakuman, jika tekanan atau kevakuman didalam intake manifold mencapai 0,5 bar ke bawah maka MAP sensor akan mengeluarkan tegangan output ke d'ECU dan d'ECU akan memutus arus yang mengalir menuju ke low injektor sehingga low injektor akan menutup saluran

bahan bakar dan bahan bakar tidak terinjeksikan kedalam intake manifold, ini bertujuan agar bahan bakar tidak terbuang sia-sia dan bisa menghemat konsumsi bahan bakar. Berikut gambar sensor MAP yang digunakan pada sepeda motor gas wisanggeni.



Gambar 4.5 MAP sensor

4.2 Hasil Pengambilan Data Sensor TPS, MAP, EOT Untuk Penginjeksian Bahan Bakar.

Pengambilan data dari sensor TPS, MAP, EOT dilakukan sebelum pemrograman d'ECU, karena untuk memrogram d'ECU harus diperlukan data dulu, misalnya bukaan throttle valve (katup gas) yang dideteksi oleh sensor TPS harus diketahui untuk menentukan bukaan regulator (katup bahan bakar gas untuk high pressure injektor) agar mendapatkan putaran yang stationer, untuk mengetahui hal itu harus dilakukan beberapa kali eksperimen sampai mesin mendapatkan RPM yang maksimal, pengambilan data untuk sepeda motor gas injeksi ini meliputi tiga sensor.

4.2.1 pengambilan data untuk sensor TPS

Sensor TPS yang dipakai pada sepeda motor gas injeksi wisanggeni ini menggunakan potentiometer 50 k, yang sudah dimodifikasi dan dipasang disebelah throttle valve sehingga dapat mendeteksi bukaan throttle valve yang di ubah dalam putaran (derajat). Berikut gambar peletakan TPS sensor (Potentiometer) pada throttle valve.



Gambar 4.6 Letak TPS sensor (yang ditunjuk anak panah warna merah)

Pada pengambilan data untuk sensor TPS ini harus dilakukan berkali kali dari mulai RPM yang terendah sampai RPM yang tertinggi, berikut pembahasanya.

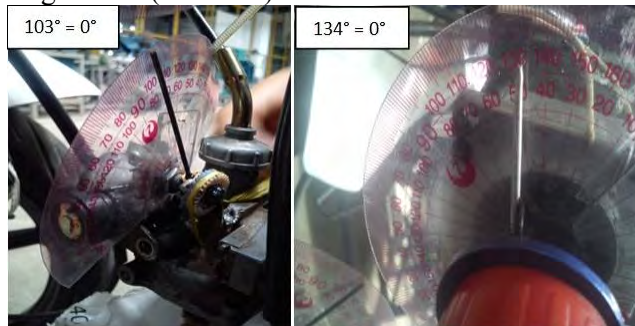
Tabel 4.1 Perbandingan putaran TPS dengan bukaan regulator

NO	POTENTIO (TPS)	BUKAAN REGULATOR
1.	0°	0°
2.	3°	12°
3.	7°	16°
4.	12°	24°
5.	18°	32°
6.	23°	36°
7.	28°	46°
8.	33°	52°
9.	38°	61°
10.	45°	63°
11.	50°	65°
12.	55°	67°
13.	60°	70°
14.	65°	75°
15.	70°	80°
16.	75°	85°
17.	80°	90°

18	85°	95°
19	90°	100°
20	95°	105°
21	100°	110°
22	105°	115°
23	110°	120°

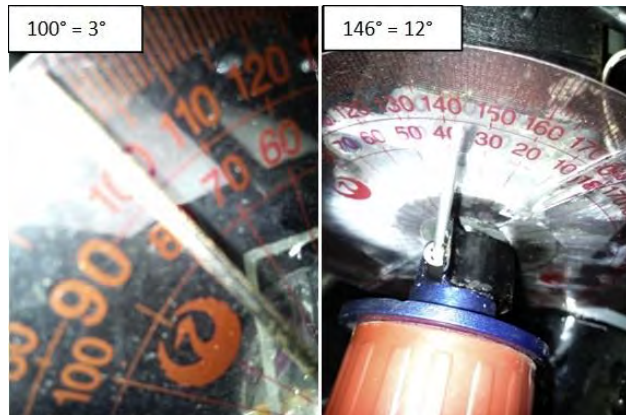
Pembahasan untuk tabel di atas akan dijelaskan dibawah ini:

1. Untuk jarum pada sensor TPS pada gambar di bawah menunjukan angka 103 derajat dan itu d asumsikan nol (0) derajat karena penaruhan busurnya kurang tepat dan putaran sensor TPSnya berlawanan dengan jarum jam. Sedangkan untuk jarum pada regulator (katup bahan bakar untuk high preasure injektor) menunjukan angka 134 derajat dan itu di asumsikan nol (0) derajat juga. Ketika sensor TPS berada pada posisi nol derajat dan regulator juga menunjukan angka nol derajat itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dan RPM yang paling rendah (stasioner).



Gambar 4.7 Perbandingan Putaran TPS (0°) dan Regulator (0°), (kiri TPS, kanan Regulator)

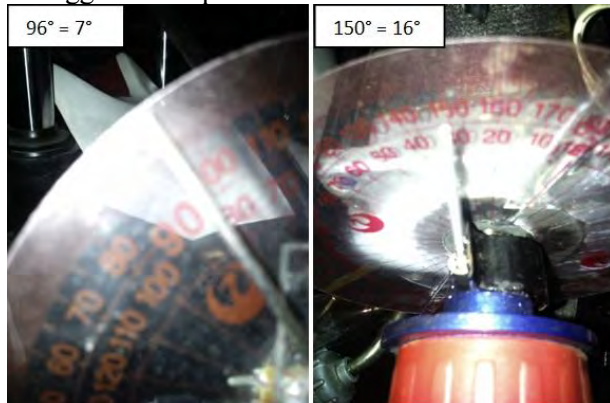
2. Untuk gambar kedua ini Throttle valve (katup gas) dibuka sedikit sehingga TPS ikut berputar dari angka 103 derajat menjadi 100 derajat, itu menandakan TPS berputar 3 derajat dari posisi jarum TPS yang diasumsikan nol derajat tadi (103 derajat), dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen satu, dan dari eksperimen yang dilakukan untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen satu yaitu jarum regulator menunjukkan angka 146 derajat, jadi jarum regulator berputar dari angka 134 derajat menuju 146 derajat, berarti regulator berputar 12 derajat. Jadi ketika TPS berputar 3 derajat dan regulator berputar 12 derajat itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen satu.



Gambar 4.8 Perbandingan Putaran TPS (3°) dan Regulator (12°),(kiri TPS, kanan Regulator)

3. Untuk gambar ketiga ini throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi sampai jarum TPS menunjukkan angka 96 derajat seperti gambar di bawah, berarti TPS

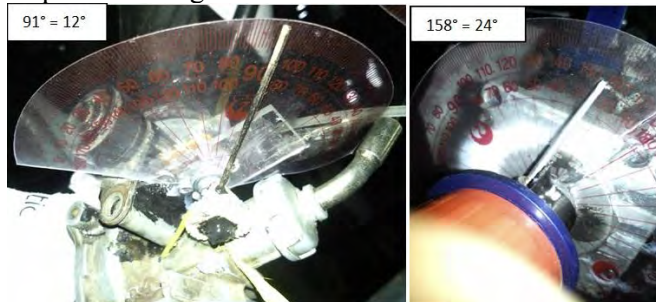
berputar 7 derajat dari posisi yang diasumsikan nol tadi (103 derajat), dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen kedua, dan dari eksperimen yang dilakukan untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen kedua yaitu jarum regulator menunjukkan angka 150 derajat, jadi jarum regulator berputar dari angka 134 derajat menuju 150 derajat, berarti regulator berputar 16 derajat. Jadi ketika TPS berputar 7 derajat dan regulator berputar 16 derajat itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen kedua.



Gambar 4.9 Perbandingan Putaran TPS (7°) dan Regulator (16°),(kiri TPS, kanan Regulator)

4. Untuk gambar keempat ini throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi dari eksperimen tiga sampai jarum TPS menunjukkan angka 91 derajat seperti gambar di bawah, berarti TPS berputar 12 derajat dari posisi yang diasumsikan nol tadi (103 derajat), dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih

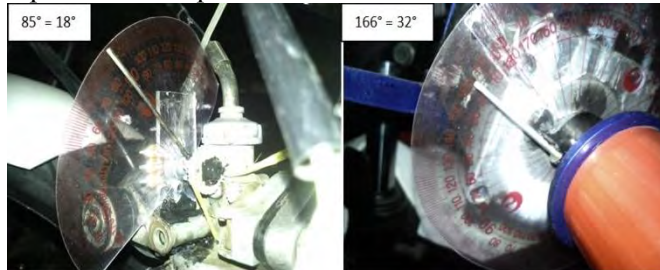
banyak dari eksperimen ketiga, dan dari eksperimen yang dilakukan untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen ketiga yaitu jarum regulator menunjukkan angka 158 derajat, jadi jarum regulator berputar dari angka 134 derajat menuju 158 derajat, berarti regulator berputar 24 derajat. Jadi ketika TPS berputar 12 derajat dan regulator berputar 24 derajat itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi lagi dari eksperimen ketiga.



Gambar 4.10 Perbandingan Putaran TPS (12°) dan Regulator (24°), (kiri TPS, kanan Regulator)

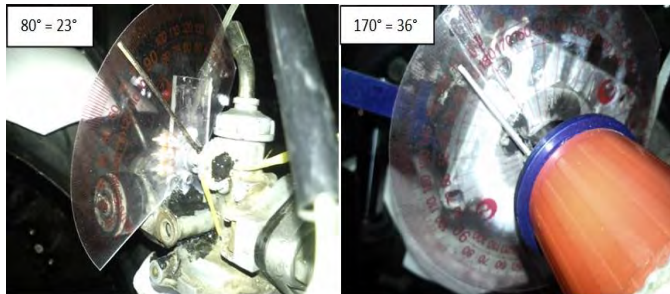
5. Untuk gambar kelima ini throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi dari eksperimen keempat sampai jarum TPS menunjukkan angka 85 derajat seperti gambar di bawah, berarti TPS berputar 18 derajat dari posisi yang diasumsikan nol tadi (103 derajat), dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen keempat, dan dari eksperimen yang dilakukan untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen keempat yaitu jarum regulator menunjukkan angka 166 derajat, jadi jarum regulator berputar dari angka 134 derajat menuju 166 derajat, berarti regulator berputar 32 derajat. Jadi ketika

TPS berputar 18 derajat dan regulator berputar 32 derajat itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi lagi dari eksperimen keempat.



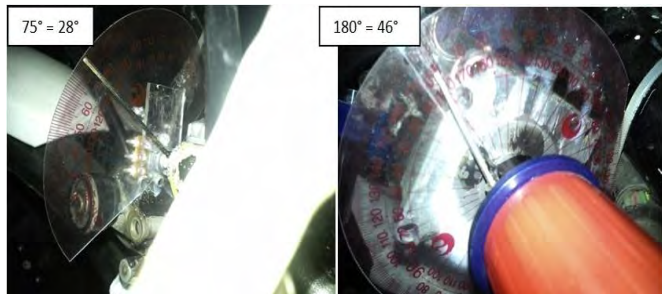
Gambar 4.11 Perbandingan Putaran TPS (18°) dan Regulator (32°),(kiri TPS, kanan Regulator)

6. Untuk gambar keenam ini throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi dari eksperimen kelima sampai jarum TPS menunjukkan angka 80 derajat seperti gambar di bawah, berarti TPS berputar 23 derajat dari posisi yang diasumsikan nol tadi (103 derajat), dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen kelima, dan dari eksperimen yang dilakukan untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen kelima yaitu jarum regulator menunjukkan angka 170 derajat, jadi jarum regulator berputar dari angka 134 derajat menuju 170 derajat, berarti regulator berputar 36 derajat. Jadi ketika TPS berputar 23 derajat dan regulator berputar 36 derajat itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi lagi dari eksperimen kelima.



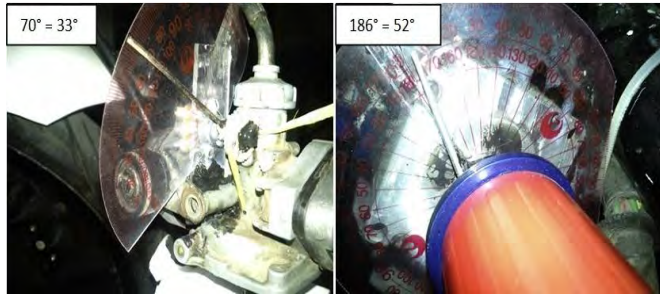
Gambar 4.12 Perbandingan Putaran TPS (23°) dan Regulator (36°), (kiri TPS, kanan Regulator)

7. Untuk gambar ketujuh ini throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi dari eksperimen keenam sampai jarum TPS menunjukkan angka 75 derajat seperti gambar di bawah, berarti TPS berputar 28 derajat dari posisi yang diasumsikan nol tadi (103 derajat), dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen keenam, dan dari eksperimen yang dilakukan untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen keenam yaitu jarum regulator menunjukkan angka 180 derajat, jadi jarum regulator berputar dari angka 134 derajat menuju 180 derajat, berarti regulator berputar 46 derajat. Jadi ketika TPS berputar 28 derajat dan regulator berputar 46 derajat itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi lagi dari eksperimen keenam.



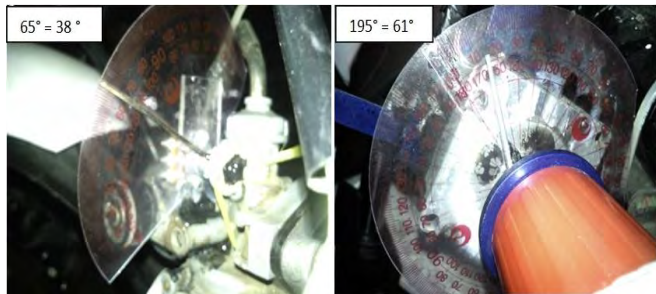
Gambar 4.13 Perbandingan Putaran TPS (28°) dan Regulator (46°),(kiri TPS, kanan Regulator)

8. Untuk gambar kedelapan ini throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi dari eksperimen ketuju sampai jarum TPS menunjukkan angka 70 derajat seperti gambar di bawah, berarti TPS berputar 33 derajat dari posisi yang diasumsikan nol tadi (103 derajat), dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen ketuju, dan dari eksperimen yang dilakukan untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen ketuju yaitu jarum regulator menunjukkan angka 186 derajat, jadi jarum regulator berputar dari angka 134 derajat menuju 186 derajat, berarti regulator berputar 52 derajat. Jadi ketika TPS berputar 33 derajat dan regulator berputar 52 derajat itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi lagi dari eksperimen ketuju.



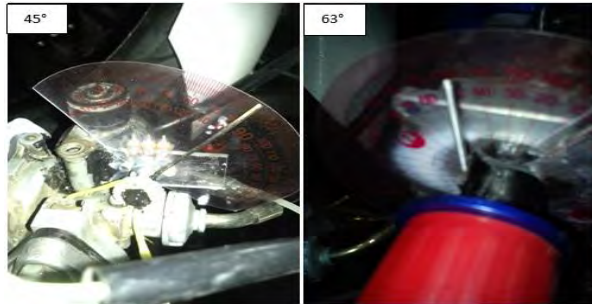
Gambar 4.14 Perbandingan Putaran TPS (33°) dan Regulator (52°), (kiri TPS, kanan Regulator)

9. Untuk gambar kesembilan ini throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi dari eksperimen kedelapan sampai jarum TPS menunjukkan angka 65 derajat seperti gambar di bawah, berarti TPS berputar 38 derajat dari posisi yang diasumsikan nol tadi (103 derajat), dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen kedelapan, dan dari eksperimen yang dilakukan untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen kedelapan yaitu jarum regulator menunjukkan angka 195 derajat, jadi jarum regulator berputar dari angka 134 derajat menuju 195 derajat, berarti regulator berputar 61 derajat. Jadi ketika TPS berputar 38 derajat dan regulator berputar 61 derajat itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi lagi dari eksperimen kedelapan.



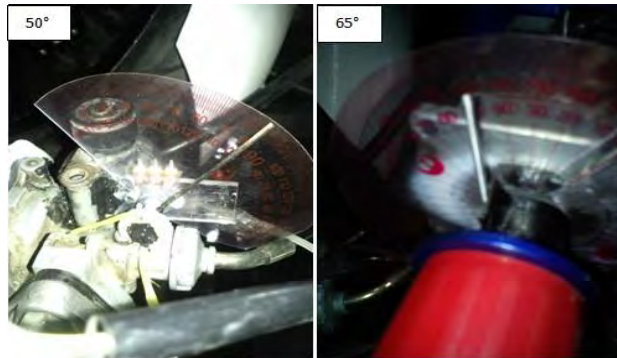
Gambar 4.15 Perbandingan Putaran TPS (38°) dan Regulator (61°),(kiri TPS, kanan Regulator)

10. Untuk gambar kesepuluh ini throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi dari eksperimen kesembilan sampai jarum TPS berputar 45 derajat dari posisi yang diasumsikan nol derajat tadi, dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi lagi, yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen kesembilan, dan dari eksperimen yang dilakukan, untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen kesembilan, yaitu jarum regulator diputar sejauh 63 derajat. Jadi ketika TPS berputar 45 derajat dan regulator berputar 63 derajat, itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi lagi dari eksperimen kesembilan.



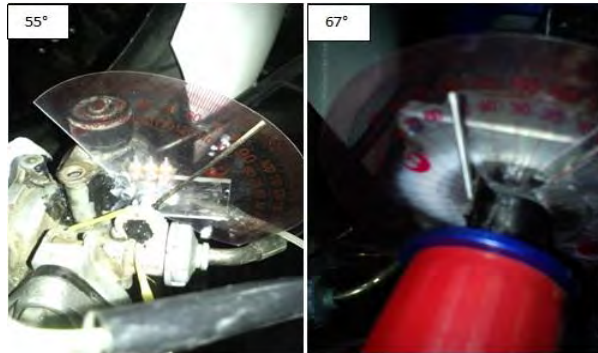
Gambar 4.16 Perbandingan Putaran TPS (45°) dan Regulator (63°),(kiri TPS, kanan Regulator)

11. Untuk gambar kesebelas ini throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi dari eksperimen kesepuluh sampai jarum TPS berputar 50 derajat dari posisi yang diasumsikan nol derajat tadi, dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi lagi, yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen kesepuluh, dan dari eksperimen yang dilakukan, untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen kesepuluh, yaitu jarum regulator diputar sejauh 65 derajat. Jadi ketika TPS berputar 50 derajat dan regulator berputar 65 derajat, itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi lagi dari eksperimen kesepuluh.



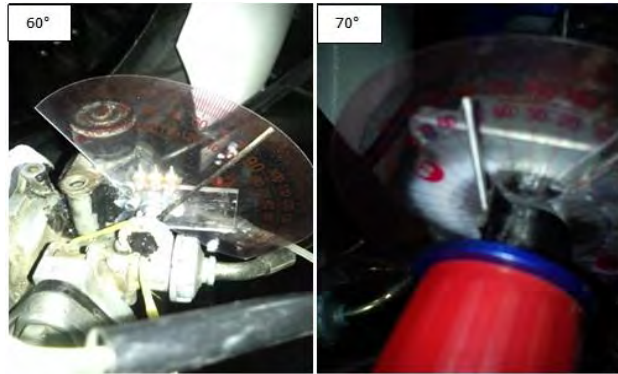
Gambar 4.17 Perbandingan Putaran TPS (50°) dan Regulator (65°),(kiri TPS, kanan Regulator)

12. Untuk gambar kedualabelas ini throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi dari eksperimen kesebelas sampai jarum TPS berputar 55 derajat dari posisi yang diasumsikan nol derajat tadi, dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi lagi, yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen kesebelas, dan dari eksperimen yang dilakukan, untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen kesebelas, yaitu jarum regulator diputar sejauh 67 derajat. Jadi ketika TPS berputar 55 derajat dan regulator berputar 67 derajat, itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi lagi dari eksperimen kesebelas.



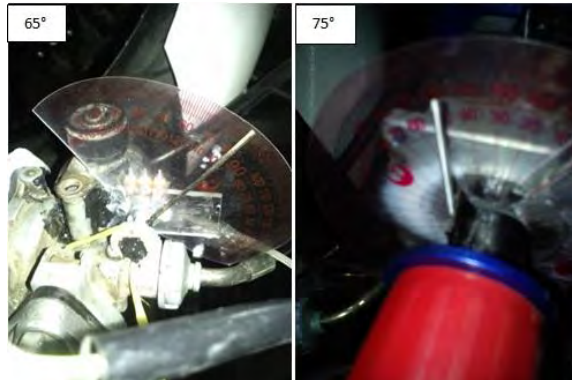
Gambar 4.18 Perbandingan Putaran TPS 55° dan Regulator (67°),(kiri TPS, kanan Regulator)

13. Untuk gambar ketigabelas ini throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi dari eksperimen keduabelas sampai jarum TPS berputar 60 derajat dari posisi yang diasumsikan nol derajat tadi, dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi lagi, yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen keduabelas, dan dari eksperimen yang dilakukan, untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen keduabelas, yaitu jarum regulator diputar sejauh 70 derajat. Jadi ketika TPS berputar 60 derajat dan regulator berputar 70 derajat, itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi lagi dari eksperimen keduabelas.



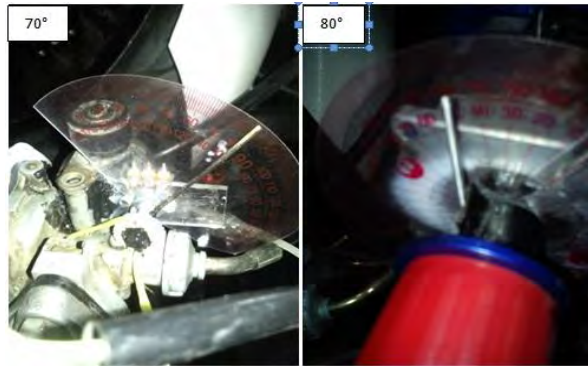
Gambar 4.19 Perbandingan Putaran TPS 60° dan Regulator (70°), (kiri TPS, kanan Regulator)

14. Untuk gambar keempatbelas ini throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi dari eksperimen ketigabelas sampai jarum TPS berputar 65 derajat dari posisi yang diasumsikan nol derajat tadi, dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi lagi, yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen ketigabelas, dan dari eksperimen yang dilakukan, untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen ketigabelas, yaitu jarum regulator diputar sejauh 75 derajat. Jadi ketika TPS berputar 65 derajat dan regulator berputar 75 derajat, itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi lagi dari eksperimen ketigabelas.



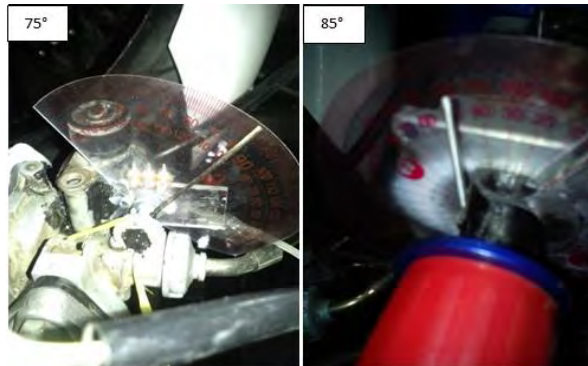
Gambar 4.20 Perbandingan Putaran TPS 65° dan Regulator (75°), (kiri TPS, kanan Regulator)

15. Untuk gambar kelimabelas ini throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi dari eksperimen keempatbelas sampai jarum TPS berputar 70 derajat dari posisi yang diasumsikan nol derajat tadi, dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi lagi, yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen keempatbelas, dan dari eksperimen yang dilakukan, untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen keempatbelas, yaitu jarum regulator diputar sejauh 80 derajat. Jadi ketika TPS berputar 70 derajat dan regulator berputar 80 derajat, itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi lagi dari eksperimen keempatbelas.



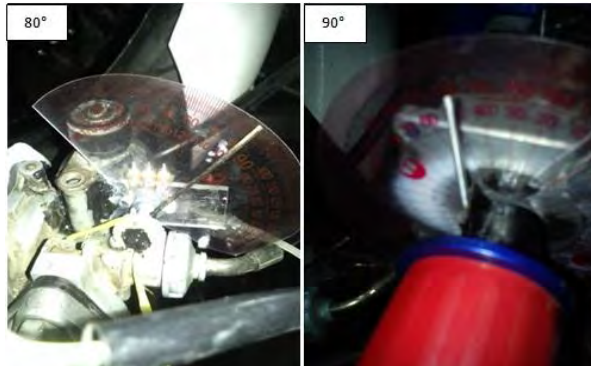
Gambar 4.21 Perbandingan Putaran TPS 70°) dan Regulator (80°),(kiri TPS, kanan Regulator)

16. Untuk gambar keenambelas ini throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi dari eksperimen kelimabelas sampai jarum TPS berputar 75 derajat dari posisi yang diasumsikan nol derajat tadi, dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi lagi, yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen kelimabelas, dan dari eksperimen yang dilakukan, untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen kelimabelas, yaitu jarum regulator diputar sejauh 85 derajat. Jadi ketika TPS berputar 75 derajat dan regulator berputar 85 derajat, itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi lagi dari eksperimen kelimabelas.



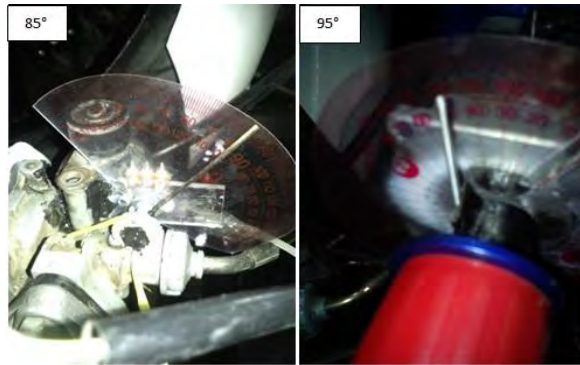
Gambar 4.22 Perbandingan Putaran TPS 75°) dan Regulator (85°),(kiri TPS, kanan Regulator)

17. Untuk gambar ketujuh belas ini throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi dari eksperimen keenambelas sampai jarum TPS berputar 80 derajat dari posisi yang diasumsikan nol derajat tadi, dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi lagi, yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen keenambelas, dan dari eksperimen yang dilakukan, untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen keenambelas, yaitu jarum regulator diputar sejauh 90 derajat. Jadi ketika TPS berputar 80 derajat dan regulator berputar 90 derajat, itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi lagi dari eksperimen keenambelas.



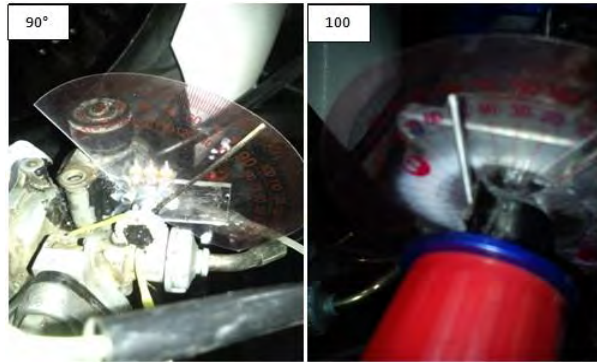
Gambar 4.23 Perbandingan Putaran TPS 80°) dan Regulator (90°),(kiri TPS, kanan Regulator)

18. Untuk gambar kedelapanbelas ini throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi dari eksperimen ketujuhbelas sampai jarum TPS berputar 85 derajat dari posisi yang diasumsikan nol derajat tadi, dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi lagi, yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen ketujuhbelas, dan dari eksperimen yang dilakukan, untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen ketujuhbelas, yaitu jarum regulator diputar sejauh 95 derajat. Jadi ketika TPS berputar 85 derajat dan regulator berputar 95 derajat, itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi lagi dari eksperimen ketujuhbelas.



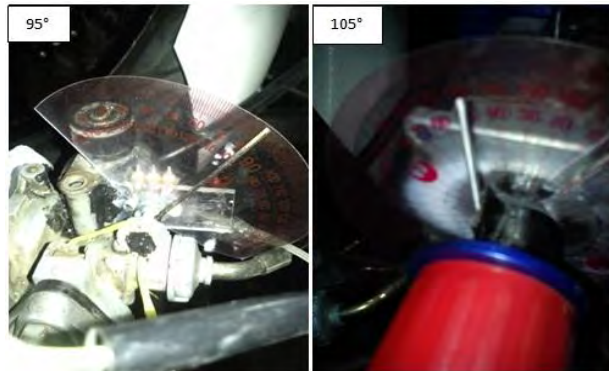
Gambar 4.24 Perbandingan Putaran TPS 85°) dan Regulator (95°),(kiri TPS, kanan Regulator)

19. Untuk gambar kesembilanbelas ini throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi dari eksperimen kedelapanbelas sampai jarum TPS berputar 90 derajat dari posisi yang diasumsikan nol derajat tadi, dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi lagi, yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen kedelapanbelas, dan dari eksperimen yang dilakukan, untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen kedelapanbelas, yaitu jarum regulator diputar sejauh 100 derajat. Jadi ketika TPS berputar 90 derajat dan regulator berputar 100 derajat, itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi lagi dari eksperimen kedelapanbelas.



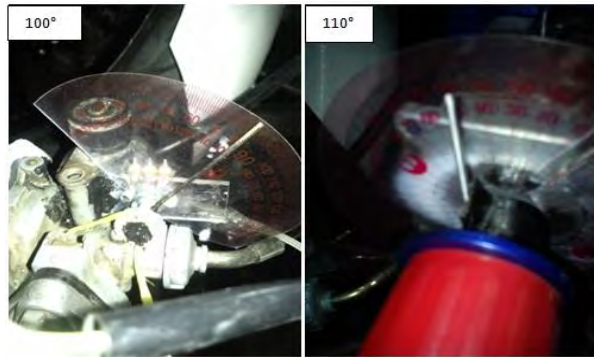
Gambar 4.25 Perbandingan Putaran TPS 90°) dan Regulator (100°),(kiri TPS, kanan Regulator)

20. Untuk gambar kedua puluh ini throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi dari eksperimen kesembilanbelas sampai jarum TPS berputar 95 derajat dari posisi yang diasumsikan nol derajat tadi, dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi lagi, yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen kesembilanbelas, dan dari eksperimen yang dilakukan, untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen kesembilanbelas, yaitu jarum regulator diputar sejauh 105 derajat. Jadi ketika TPS berputar 95 derajat dan regulator berputar 105 derajat, itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi lagi dari eksperimen kesembilanbelas.



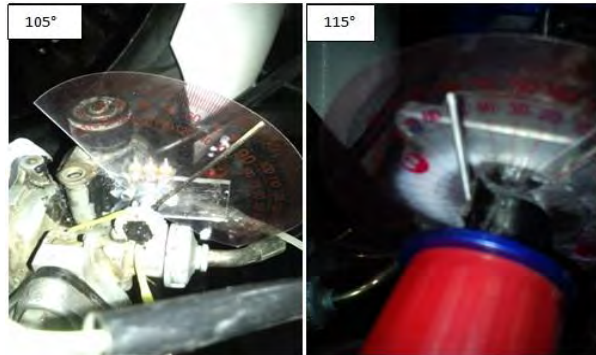
Gambar 4.26 Perbandingan Putaran TPS 95°) dan Regulator (105°),(kiri TPS, kanan Regulator)

21. Untuk gambar kedua puluh satu ini throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi dari eksperimen kedua puluh sampai jarum TPS berputar 100 derajat dari posisi yang diasumsikan nol derajat tadi, dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi lagi, yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen kedua puluh, dan dari eksperimen yang dilakukan, untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen kedua puluh, yaitu jarum regulator diputar sejauh 110 derajat. Jadi ketika TPS berputar 100 derajat dan regulator berputar 110 derajat, itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi lagi dari eksperimen kedua puluh



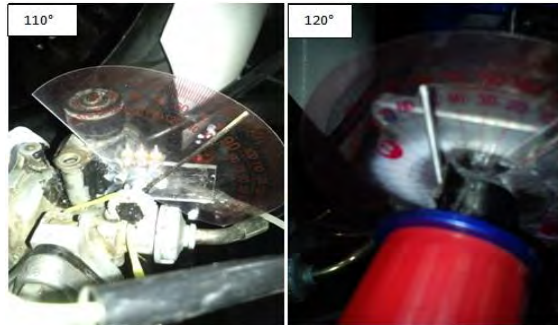
Gambar 4.27 Perbandingan Putaran TPS (100°) dan Regulator (110°), (kiri TPS, kanan Regulator)

22. Untuk gambar kedua puluh dua ini throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi dari eksperimen kedua puluh satu sampai jarum TPS berputar 105 derajat dari posisi yang diasumsikan nol derajat tadi, dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi lagi, yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen kedua puluh satu, dan dari eksperimen yang dilakukan, untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen kedua puluh satu, yaitu jarum regulator diputar sejauh 115 derajat. Jadi ketika TPS berputar 105 derajat dan regulator berputar 115 derajat, itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi lagi dari eksperimen kedua puluh satu.



Gambar 4.28 Perbandingan Putaran TPS 105°) dan Regulator (115°),(kiri TPS, kanan Regulator)

23. Untuk gambar kedua puluh tiga ini adalah pengambilan data untuk sensor TPS yang terakhir karena hand grip (pedal gas) sudah diputar maksimal. Jadi throttle valve (katup gas) dibuka sedikit lebih banyak lagi dari eksperimen kedua puluh dua sampai jarum TPS berputar 110 derajat dari posisi yang diasumsikan nol derajat tadi, dan untuk mencari posisi yang stasioner dengan RPM yang lebih tinggi lagi, yaitu dengan memutar regulator sedikit lebih banyak dari eksperimen kedua puluh dua, dan dari eksperimen yang dilakukan, untuk mendapatkan putaran stasioner dengan RPM yang sedikit lebih tinggi dari eksperimen kedua puluh dua, yaitu jarum regulator diputar sejauh 120 derajat. Jadi ketika TPS berputar 110 derajat dan regulator berputar 120 derajat, itulah posisi yang pas untuk putaran mesin yang ideal dengan RPM yang sedikit lebih tinggi lagi dari eksperimen kedua puluh dua.

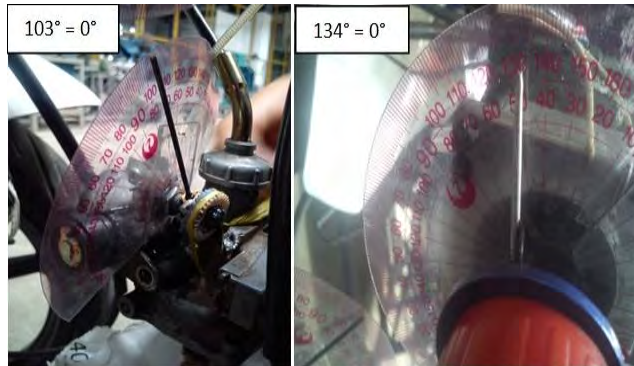


Gambar 4.29 Perbandingan Putaran TPS 110°) dan Regulator (120°),(kiri TPS, kanan Regulator)

4.2.2 Pengambilan Data Untuk Sensor EOT

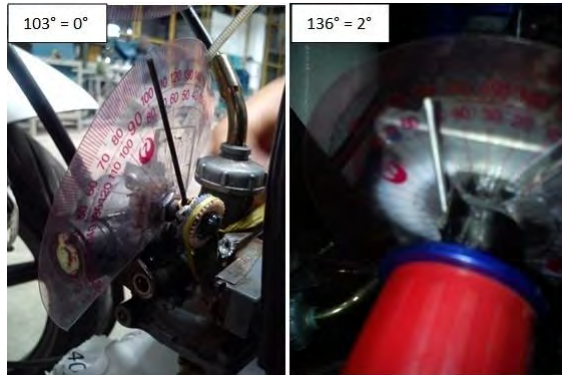
Pada pengambilan data untuk sensor EOT ini dilakukan setelah pembuatan d'ECU, jadi harus mengambil data dari temperatur oli mesin yang masih dingin (mesin belum dinyalakan) dan jga temperatur oli mesin pada saat temperatur kerja (mesin sudah dinyalakan).

Pada dasarnya engine akan susah dihidupkan ketika kondisi dingin, dengan itu engine akan membutuhkan bahan bakar lebih banyak saat temperatur mesin masih dingin. Sensor EOT ini bertujuan untuk membantu mesin agar mudah dihidupkan ketika mesin dalam kondisi dingin. Pembahasan dan prinsip kerjanya sebagai berikut:

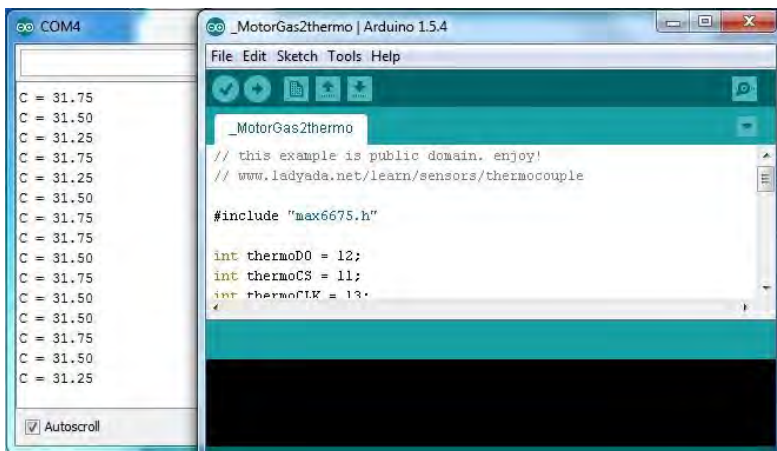


Gambar 4.30 Perbandingan bukaan throttle valve (0°) dan Regulator (0°), (kiri TPS/throttle valve, kanan Regulator)

Gambar diatas menunjukkan angka nol derajat untuk sensor TPS/throttle valve dan regulator, ketika jarum sama-sama menunjukan nol derajat itu tandanya mesin sudah bisa hidup dalam kondisi stasioner tetapi mesin sudah dalam kondisi panas, beda lagi kalau mesin masih dalam kondisi dingin, meskipun jarum TPS dan regulator sama-sama menunjukan angka nol derajat mesin akan sulit hidup, jadi campuran bahan bakar harus diperkaya (suplay bahan bakar harus ditambah). Dari hasil eksperimen, regulatior harus diputar sekian derajat sampai mendapatkan putaran mesin yang ideal, dan putaran mesin yang ideal adalah ketika jarum regulator berputar sejauh dua derajat. Jadi ketika mesin masih dalam kondisi dingin Jarum TPS tetap berada pada posisi nol derajat sedangkan jarum regulator berada pada posisi dua derajat agar mesin lebih mudah dihidupkan. Setelah memperoleh data selanjutnya data tersebut dibuat program untuk d'ECU menggunakan software arduino. Posisi jarum TPS dan jarum Regulator yang pas agar mesin lebih mudah dihidupkan dalam kondisi dingin adalah Seperti gambar di bawah.



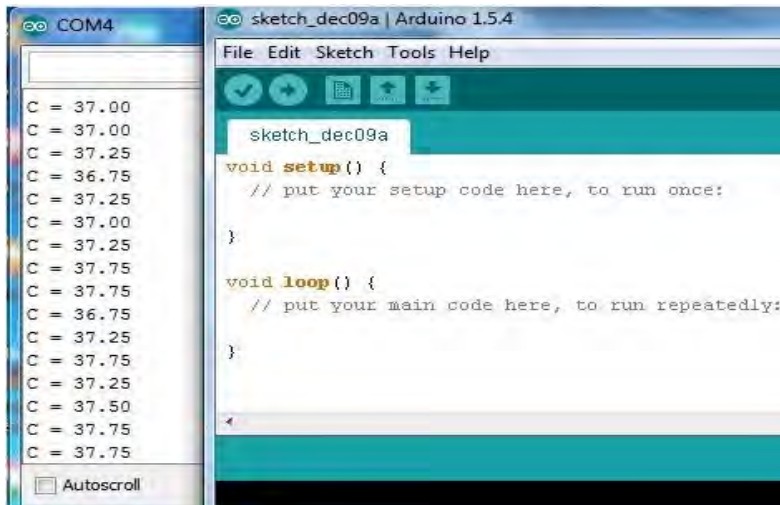
Gambar 4.31 Perbandingan bukaan throttle valve (0°) dan Regulator (2°),(kiri TPS/throttle valve, kanan Regulator)



Gambar 4.32 tampilan software arduino terhadap temperatur oli dalam mesin saat mesin belum bekerja

Gambar diatas adalah pembacaan sensor EOT terhadap temperatur oli yang muncul di software arduino pada saat temperatur oli masih dalam kondisi dingin yaitu 31 derajat. Pada kondisi ini d'ECU akan memberi perintah ke motor stepper untuk membuka regulator (katup bahan bakar gas) agar menambah

putaranya sejauh 2 derajat, sehingga dengan sistem seperti ini bahan bakar dapat diperkaya pada saat mesin masih dalam kondisi dingin. Karena pada dasarnya mesin akan membutuhkan bahan bakar banyak untuk hidup pada saat kondisi mesin masih dalam keadaan dingin.



Gambar 4.33 Tampilan softwer arduino terhadap temperatur oli dalam mesin saat mesin mulai panas

Gambar diatas adalah pembacaan sensor EOT terhadap temperatur oli yang muncul di software arduino pada saat tempeatur oli sudah mulai panas atau sudah dalam kondisi kerja yaitu 37 derajat. Untuk mendapatkan suhu 37 derajat dari kondisi dingin sebelumnya 31 derajat yaitu sepeda motor harus dipanasi terlebih dahulu sekitar satu sampai dua menit. Ketika sudah mencapai suhu 37 derajat, putaran motor stepper kembali normal (tidak ada penambahan putaran sejauh 2 derajat untuk membuka regulator seperti kondisi dingin sebelumnya).

Sensor EOT ini di pasang di bagian karter oil (bak oil) seperti gambar di bawah dengan cara mengebor karter oil dan

memasukan sensor EOT kedalam karter oil sehingga sensor EOT langsung tercelup ke dalam oli, sensor EOT ini akan terhubung dengan d'ECU sehingga d'ECU dapat membaca temperatur oil dan d'ECU dapat memerintah motor stepper untuk berputar dua derajat.



Gambar 4.34 Letak sensor EOT (yang ditunjukkan anak panah warna merah)

4.2.3 Pengambilan Data Untuk Sensor MAP

Pada pengambilan data untuk sensor MAP ini dilakukan setelah sepeda motor sudah bisa berjalan dan d'ECU sudah selesai di buat tapi belum di program untuk memasukan data dari sensor MAP. Sensor MAP pada sepeda motor gas injeksi (wisanggeni) ini berfungsi untuk memutus arus yang mengalir ke low injektor ketika mesin sedang decelerasi atau pengurangan kecepatan secara tiba-tiba, sehingga konsumsi bahan bakar bisa lebih irit.

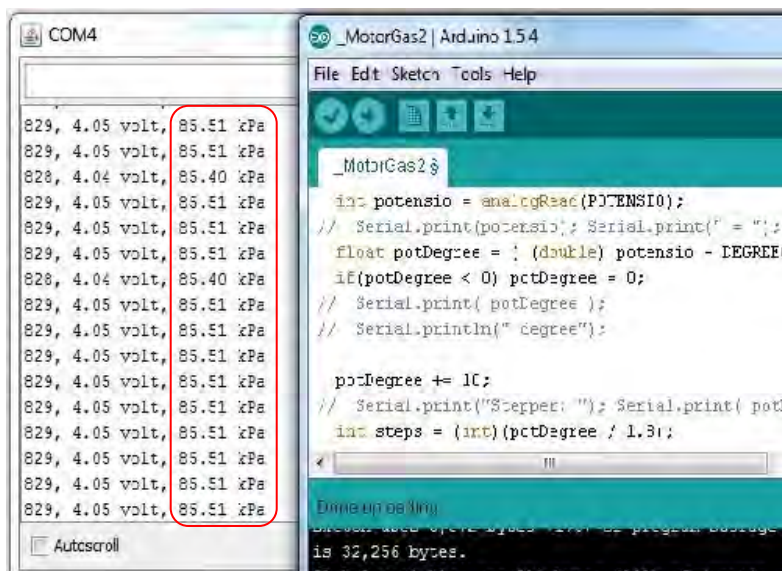


Gambar 4.35 Letak sensor MAP (yang ditunjuk anak panah warna merah)

Untuk penempatan sensor MAP ini di letakan pada throttle body seperti gambar diatas kemudian di hubungkan keselang yang selanjutnya selang tersebut dimasukan kedalam intake manifold sehingga sensor MAP dapat mendeteksi tekanan udara didalam intake manifold.

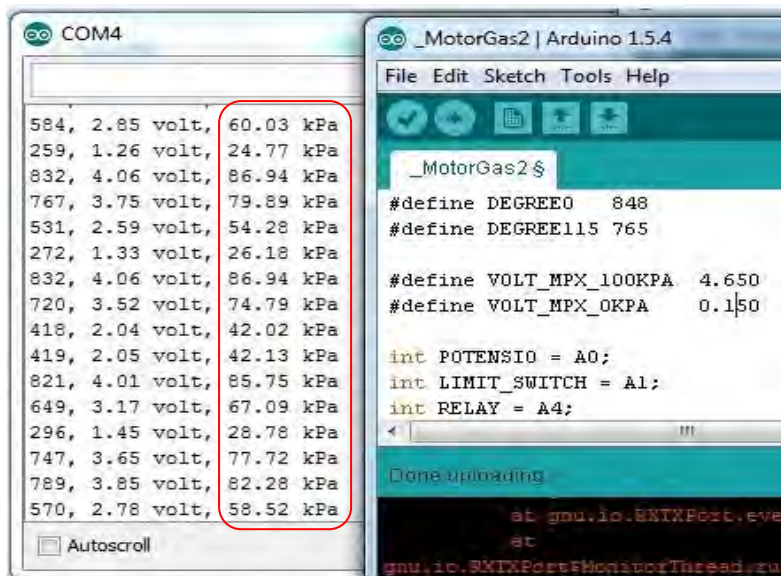
Untuk pengambilan data sensor MAP ini paling susah diantara sensor-sensor yang lain karena harus dilakuka dengan sepeda motor berjalan kemudian dilakukan decelerasi dan kemudian d'ECU dapat membaca tekanan udara didalam intake manifold, d'ECU harus dihubungkan ke laptop sehingga tekanan udara didalam intake manifold akan muncul di laptop dengan menggunakan software arduino, setelah selesai pengambilan data tersebut dapat dicari tekanan yang pas untuk memutus arus pada low injektor saat sepeda motor dalam keadaan decelerasi. Dan dari data yang di ambil didapatkan tekanan saat decelerasi adalah 0,5 bar atau 50 kpa kebawah, sehingga pada saat tekanan didalam intake manifold 0,5 bar ke bawah maka arus yang mengalir ke

low pressure injektor akan terputus. Lebih jelasnya seperti gambar dan penjelasan dibawah.



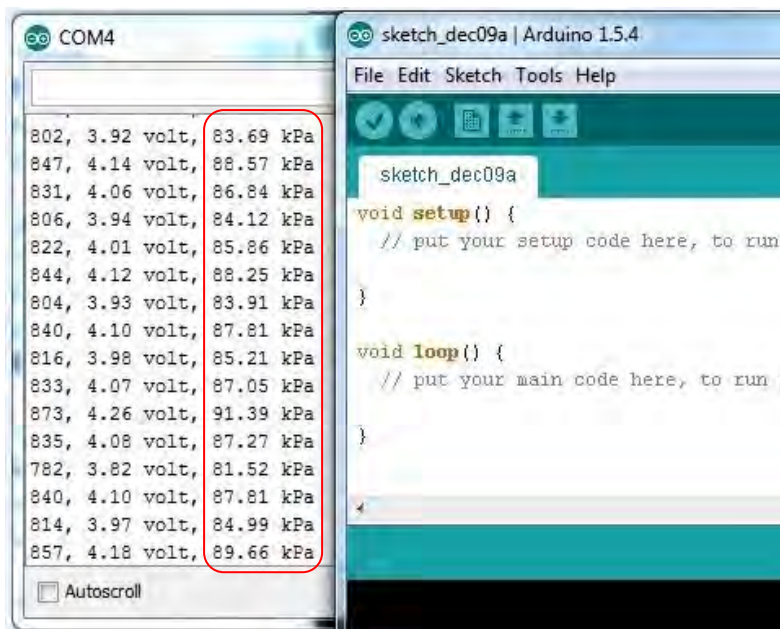
Gambar 4.36 tampilan software arduino terhadap tekanan udara di intake manifold oleh MAP sensor saat mesin mati, kontak ON

Angka yang berada di kolom warna merah itu adalah tekanan udara luar yang normal yaitu 85,51 kpa atau 0.8551 bar hampir satu atm. Jadi Tekanan di dalam intake manifold saat kunci kontak on dan mesin dalam kondisi mati adalah 85,51 kpa. Pada saat tekanan udara didalam intake manifold 85,51 kpa, bahan bakar akan disemprotkan melalui low pressure injektor.



Gambar 4.37 tampilan softwer arduino terhadap tekan udara dalam intake manifold oleh MAP sensor saat mesin idle

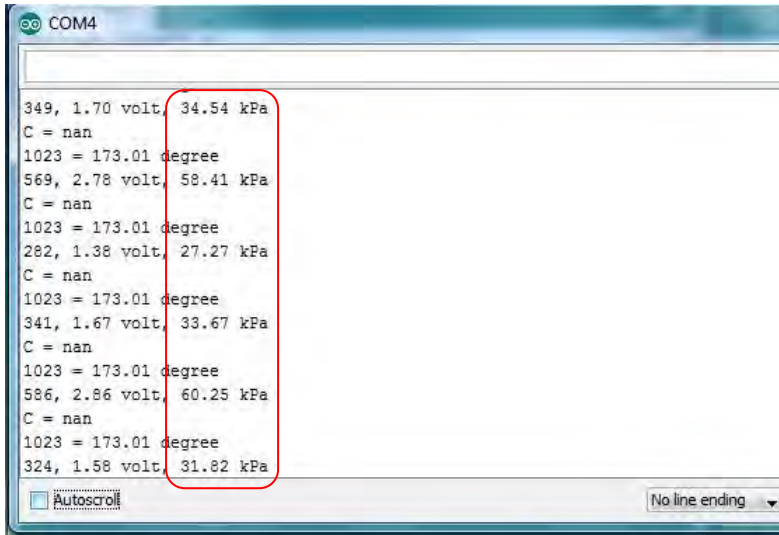
Gambar di atas adalah pembacaan sensor MAP terhadap tekanan udara di dalam intake manifold pada saat sepeda motor dalam kondisi hidup stationer/idle (1000-1500 rpm). Pada kondisi ini low preasure injektor terus menginjeksikan bahan bakar karena tekanan didalam intake manifold mayoritas tidak sampai kurang dari 50 kpa, sedangkan high preasure injektor masih menutup, sehingga bahan bakar hanya terinjeksikan melalui low preasure injektor.



Gambar 4.38 tampilan softwer arduino terhadap tekan udara dalam intake manifold oleh MAP sensor saat mesin putaran tinggi

Angka yang diberi kolom warna merah pada gambar tampilan software arduino di atas adalah pembacaan sensor MAP terhadap tekanan udara di dalam intake manifold pada saat putaran tinggi. berdasarkan eksperimen, pada saat putaran tinggi kevakuman di dalam intake manifold lebih rendah dibandingkan saat putaran mesin rendah (idle), itu disebabkan karena pada saat putaran rendah posisi throttle valve sedang menutup sehingga kevakuman di dalam intake manifold menjadi besar akibat hisapan dari piston, sedangkan saat putaran tinggi throttle valve membuka penuh atau hampir penuh sehingga kevakuman di dalam intake manifold menjadi turun. Pada kondisi ini low pressure injektor akan terus menginjeksikan bahan bakar karena tekan didalam intake manifold diatas 50 kpa, disamping itu high pressure injektor

juga menginjeksikan bahan bakar karena throttle valve sedang membuka yang mengakibatkan putaran mesin menjadi tinggi.

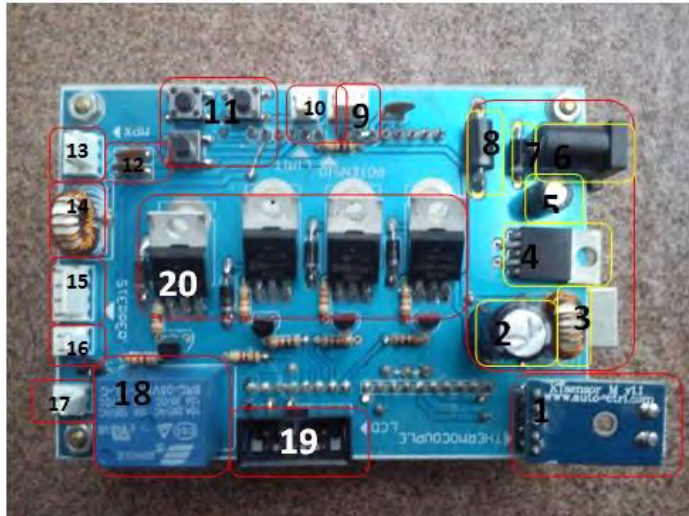


Gambar 4.39 tampilan softwer arduino terhadap tekan udara dalam intake manifold oleh MAP sensor saat mesin decelerasi

Setelah itu pengukuran tegangan dilakukan pada saat sepeda motor dalam kondisi hidup dan kemudian dijalankan di jalan raya dengan RPM tinggi setelah itu dilakukan decelerasi (pengurangan kecepatan secara tiba-tiba), dan angka yang diberi kolom warna merah pada gambar tampilan software arduino di atas adalah pembacaan sensor MAP terhadap tekanan udara di dalam intake manifold pada saat Decelerasi. pengambilan data pada saat decelerasi ini adalah yang utama karena tekanan udara yang dibaca sensor MAP data mayoritas sudah di bawah 50 kpa, sehingga ketika tekanan dibawah 50 Kpa relay akan memutus arus yang mengalir ke low pressure injektor, sehingga suplay bahan bakar dari low preasure injektor akan terhenti. Dengan adanya sistem seperti ini maka konsumsi bahan bakar akan lebih

irit karena pada saat deceleraasi mesin tidak membutuhkan bahan bakar.

4.3 Komponen di Dalam d'ECU dan Penjelasanya



Gambar 4.40 d'ECU dan komponen-komponen didalamnya

Di atas adalah gambar d'ECU, yaitu singkatan dari D3 teknik mesin Electronic control Unit. d'ECU ini berfungsi sebagai otak dari sepeda motor injeksi berbahan bakar gas LPG karna fungsinya yaitu mengatur suplai bahan bakar agar sesuai dengan kebutuhan mesin, dan juga bisa menghemat bahan bakar. d'ECU ini terdiri dari beberapa komponen didalamnya, yang dirakit menjadi satu kesatuan sehingga menjadi sebuah alat yang sangat berguna. Berikut nama-nama komponen di dalam d'ECU.

1. Rangkaian pcb pembaca suhu melalui thermocouple.
Rangkaian sensor pembaca suhu thermocouple ini menggunakan IC MAX6675, Rangkaian pcb kecil ini memiliki dua socket yang disambungkan ke thermocouple.

2. Kapasitor filter output untuk regulator 5volt.
Berfungsi untuk mengatur (menstabilkan tegangan) menjadi 5 volt. Kapasitor ukuran 1000uF untuk filter output IC regulator LM2576-5
3. Induktor filter untuk regulator 5volt
Induktor filter ukuran 100uH berfungsi meluruskan tegangan yang naik turun untuk filter output IC regulator LM2576-5.
4. IC Regulator 5volt
IC Regulator LM2576-5 dengan input 7-40 volt DC dengan luaran stabil 5volt. IC LM2576-5 memiliki kemampuan untuk meregulasi tegangan dengan arus hingga 3 A.
5. Kapasitor filter input untuk regulator 5volt
Kapasitor filter pada posisi input regulator dengan ukuran 100uF. Digunakan untuk menstabilkan tegangan masukan yang melalui socket DC.
6. Socket DC
Socket jack DC yaitu penerima arus pertama 12 volt dari kunci kontak sepeda motor yang dihubungkan dengan kabel dari aki motor.
7. Diode pengaman
Diode pengaman dengan kemampuan dilewati arus hingga 2 A untuk mengamankan apabila terjadi polaritas yang terbalik.
8. Diode flyback untuk regulator 5volt
Diode flyback untuk membuang sisa arus yang melewati ground. Digunakan untuk menstabilkan aliran arus yang mengalir melalui seluruh rangkaian.
9. Socket throttle position sensor (TPS)
Socket sensor potensiometer 3 pin dengan tipe *white house*.
10. Socket limit switch
Socket sensor limit switch 2 pin dengan tipe *white house*.

11. Push button
Tiga buah push button untuk mencoba pemrograman berbasis arduino.
12. Kapasitor filter DC 5volt untuk sensor MAP
Dua buah kapasitor filter masing-masing 100nF yang digunakan untuk filter rangkaian internal DC 5volt. Digunakan untuk menstabilkan daya yang melewati sensor MAP
13. Socket sensor MAP
Socket sensor MAP 3 pin dengan tipe *white house*.
14. Induktor filter DC 5volt untuk MAP sensor
Induktor filter yang digunakan untuk filter rangkaian internal DC 5volt. Digunakan untuk menstabilkan arus yang melewati sensor tekanan MPX5100.
15. Socket control motor stepper unipolar
Socket control motor stepper unipolar 4 pin dengan tipe *white house*.
16. Socket power 12volt motor stepper unipolar
Socket power motor stepper unipolar 2 pin dengan tipe *white house* yang terhubung dengan tegangan aki 12 volt.
17. Socket control low pressure injector
Socket control injector 2 pin dengan tipe *white house*.
18. Relay control injector
Relay 5volt untuk control injector (memutus dan menyambung tegangan injector ketika kondisi vakum terjadi).
19. Socket LCD
Socket LCD karakter dengan pin data, control, VCC, dan GND untuk keperluan menampilkan data melalui LCD.
20. Transistor MOSFET
Transistor MOSFET untuk digunakan sebagai driver motor stepper. Jenis Transistor MOSFET yang digunakan adalah IRF 540 dengan kemampuan arus yang cukup tinggi hingga 10 A. Dengan menggunakan jenis transistor MOSFET IRF540 ini, maka motor stepper akan

mendapatkan asupan daya yang cukup kuat dalam menggerakkan regulator gas.

4.4 Pengecekan Tegangan Output Sensor-sensor saat kondisi kerja

Pengecekan tegangan pada sensor-sensor perlu dilakukan agar diketahui tegangan yang dihasilkan oleh sensor TPS, EOT, dan MAP, karena dalam kerjanya ketiga sensor ini menggunakan tegangan yang selanjutnya di olah oleh d'ECU kemudian digunakan untuk mengontrol actuator berupa penginjeksian bahan bakar. Tegangan input dari semua sensor yang digunakan adalah 5 volt, sedangkan tegangan outputnya tergantung dari pembacaan kondisi dari masing-masing sensor.

4.4.1 Pengecekan Tegangan Pada TPS

Pengujian tegangan dilakukan dengan menggunakan AVO meter. Pada sensor TPS terdapat tiga soket (kabel) yaitu:

1. kabel input dari d'ECU
2. kabel output menuju d'ECU
3. kabel massa (negatif)

Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan output dari TPS pada derajat bukaan katup *throttle valve* paling kecil (menutup penuh) dan paling besar (membuka penuh). Pada saat pengujian tegangan output sensor TPS didapat nilai tegangan sensor TPS tertinggi pada derajat bukaan katup *throttle* paling besar, sedangkan nilai tegangan output terendah didapat pada bukaan katup *throttle valve* paling kecil. Dengan dihasilkannya nilai tegangan yang berbeda pada setiap derajat bukaan *throttle* sensor TPS, maka nilai output TPS (berupa tegangan listrik) yang dikirim ke d'ECU akan berbeda pula. Pada saat bukaan *throttle* terbuka penuh maka menghasilkan tegangan (voltase) yang paling besar, sedangkan pada bukaan tertutup penuh akan menghasilkan tegangan paling kecil. Berdasarkan eksperimen, berikut tegangan output yang di hasilkan sensor TPS saat bukaan throttle valve tertutup penuh sampai terbuka penuh.

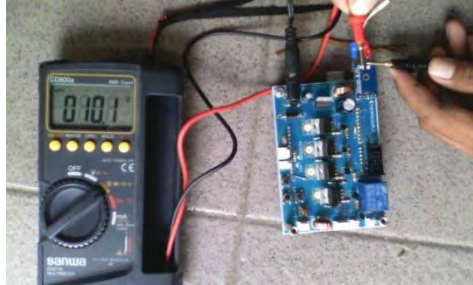
Tabel 4.2 Tegangan Output TPS Berdasarkan Derajat Buka-an TPS

NO	POTENTIO (TPS) °	TEGANGAN OUTPUT (V)
1.	0°	0,024
2.	3°	0,484
3.	7°	0,911
4.	12°	1,145
5.	18°	1,411
6.	23°	1,676
7.	28°	1,891
8.	33°	2,022
9.	38°	2,223
10.	45°	2,373
11.	50°	2,493
12.	55°	2,624
13.	60°	2,756
14.	65°	2,864
15.	70°	2,954
16.	75°	3,044
17.	80°	3,124
18.	85°	3,175
19.	90°	3,244
20.	95°	3,292
21.	100°	3,354
22.	105°	3,397
23.	110°	3,440

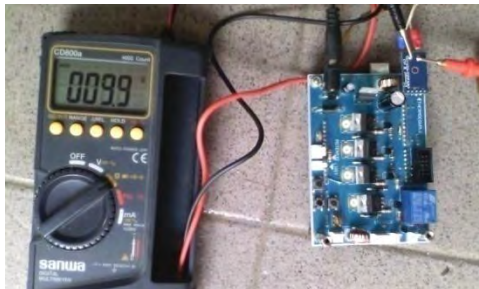
4.4.2 Pengecekan Tegangan pada Sensor EOT

Cara pengujian EOT sensor ini yaitu dengan cara mengukur tegangan saat temperatur oli masih dingin (mesin belum dihidupkan), setelah itu sensor EOT diukur lagi teganganya saat temperatur oli mesin dalam kondisi kerja (Mesin

sudah dihidupkan sekitar dua sampai tiga menit). Lebih jelasnya seperti gambar dibawah.



Gambar 4.41 Nilai resistensi saat mesin masih dingin



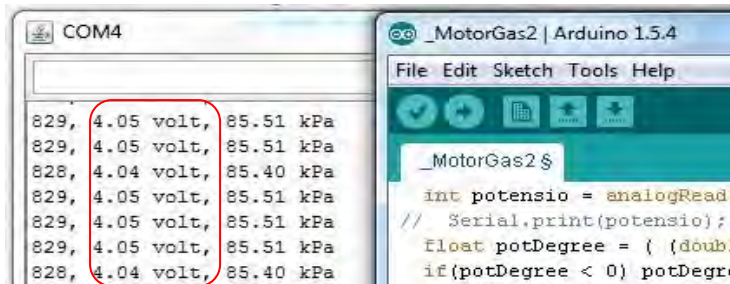
Gambar 4.42 Nilai resistensi saat mesin mulai panas

Dilihat dari hasil pengujian dapat dikatakan semakin tinggi temperatur oli maka akan menghasilkan nilai resistensi yang lebih kecil.

4.4.3 Pengecekan Tegangan output pada Sensor MAP

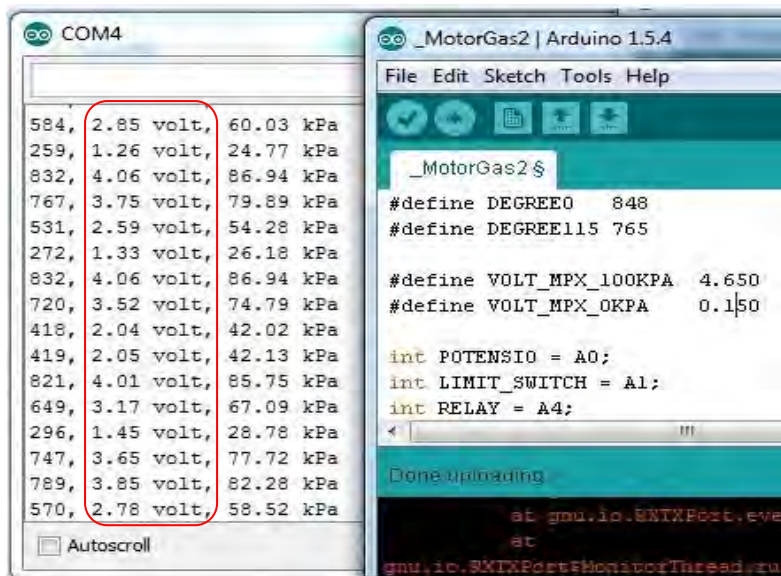
Pengecekan Tegangan output sensor MAP ini dilakukan dengan melihat tegangan yang dihasilkan MAP Sensor secara langsung pada tampilan di laptop menggunakan software arduino yaitu pada saat sepeda motor dalam kondisi kunci kontak ON tapi

mesin mati, sehingga tekanan udara yang dibaca sensor MAP ini adalah tekanan udara satu ATM, ketika sensor MAP membaca tekanan udara satu (1) ATM maka tegangan output yang dihasilkan sensor MAP adalah 4.05 volt, sehingga low pressure injektor akan menyembrotkan bahan bakar. Lebih jelasnya seperti gambar di bawah yang diberi kolom warna merah.



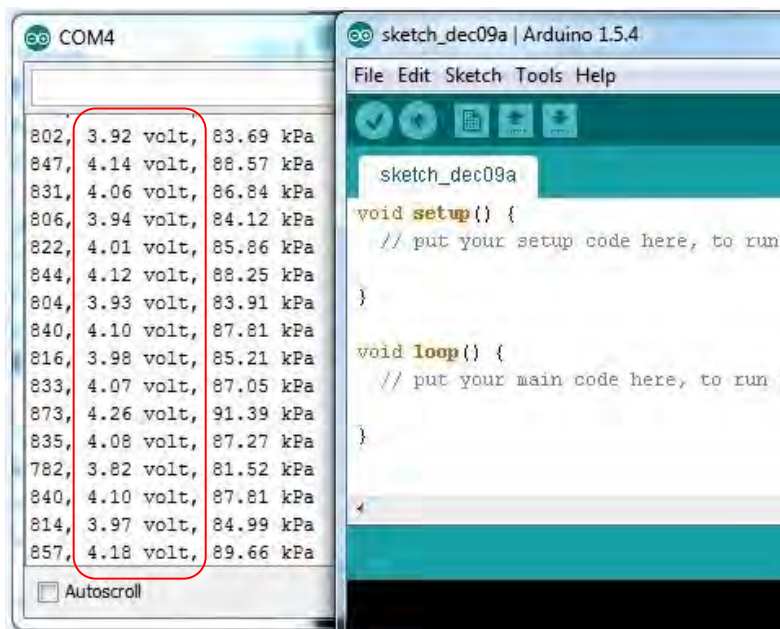
Gambar 4.43 Tegangan output sensor MAP saat kunci kontak on dan mesin mati

Setelah itu pengecekan tegangan sensor MAP pada saat putaran mesin rendah atau idle (1000-1500) rpm. Dan tegangan output sensor MAP pada saat mesin dalam kondisi idle adalah 1,26 - 4,06 volt. Lebih jelasnya seperti gambar di bawah, tegangan yang diberi kolom warna merah.



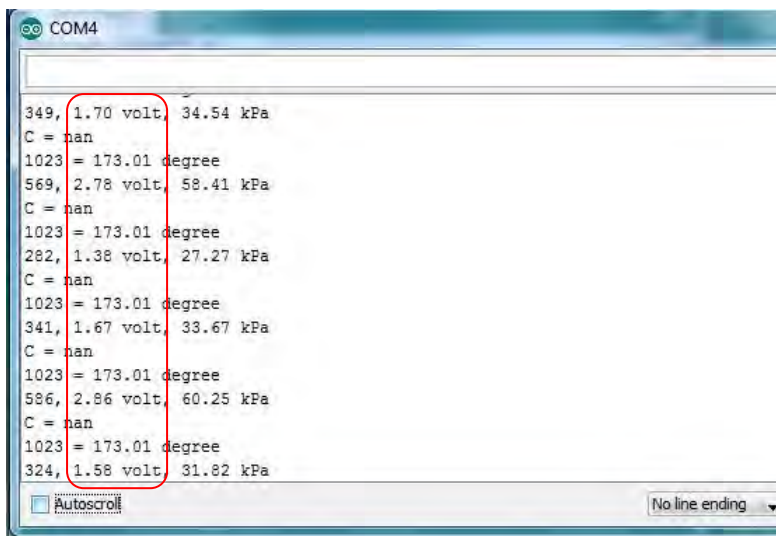
Gambar 4.44 Tegangan output sensor MAP saat putaran mesin idle

Sensor MAP ini sangat sensitif dan pengindraanya sangat cepat terhadap perubahan tekanan, sehingga MAP sensor dapat membaca tekanan di dalam intake manifold yang berubah-ubah akibat gerakan piston.



Gambar 4.45 Tegangan output sensor MAP saat putaran mesin tinggi

Gambar diatas adalah tegangan output yang dihasilkan sensor MAP akibat tekanan yang berubah-ubah di dalam intake manifold saat putaran mesin tinggi. tegangan output sensor MAP saat putaran mesin tinggi lebih tinggi dibandingkan tegangan output sensor MAP saat putaran mesin idle, hal itu disebabkan karena kevakuman di dalam intake manifold saat putaran tinggi lebih rendah dibandingkan putaran idle.



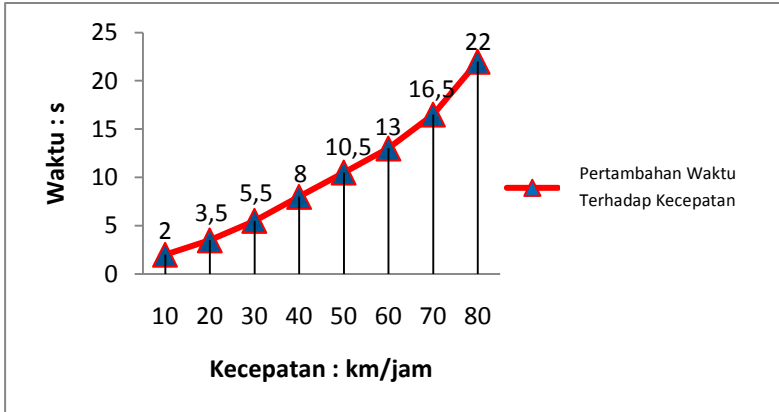
Gambar 4.46 Tegangan output sensor MAP saat mesin decelerasi

setelah itu pengukuran tegangan dilakukan pada saat sepeda motor dalam kondisi hidup dan kemudian dijalankan di jalan raya dengan RPM tinggi setelah itu dilakukan decelerasi (pengurangan kecepatan secara tiba-tiba), dan tegangan output sensor MAP yang muncul di software arduino adalah seperti gambar diatas (yang berada di dalam kolom warna merah). Tegangan output sensor MAP ini muncul berdasarkan tekanan yang ada di dalam intake manifold, sehingga dengan tekanan sekian maka sensor MAP akan mengirimkan tegangan output ke d'ECU kemudian d'ECU akan memutus arus yang mengalir ke low pressure injektor.

4.5 Hasil Uji Jalan Sepeda Motor Gas Injeksi (Wisanggeni)

Setelah dilakukan persiapan untuk percobaan dari bab 3 mengenai kecepatan sepeda motor injeksi berbahan bakar gas, Pengujian ini difokuskan pada kecepatan sepeda motor gas injeksi yang mencapai kecepatan 80 km/jam dalam waktu 22

detik, kemudian waktu yang dibutuhkan untuk setiap kenaikan kecepatan 10 km/jam sehingga dapat dibuat grafik seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.47. Grafik waktu yang dibutuhkan untuk kenaikan kecepatan 10 km/jam

Grafik diatas menunjukkan waktu yang dibutuhkan sepeda motor gas sistem injeksi dengan control d'ECU untuk mencapai kecepatan 0 km/jam – 80 km/jam dengan waktu yang dibutuhkan sekitar 22 detik.

Data diatas diambil dari sepeda motor gas system injeksi dengan kontrol d'ECU yang menggunakan tiga sensor (TPS, EOT, MAP) dengan sensor utama yaitu TPS yang mendeteksi posisi throttle valve sehingga bahan bakar gas diinjeksikan sesuai udara yang masuk kedalam throttle body dan intake manifold.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada rancang bangun sistem injeksi menggunakan d'ECU (D3 Teknik Mesin Electronic Control Unit) ini diperoleh beberapa kesimpulan yang diantaranya dapat diuraikan singkat dibawah ini:

1. Dari hasil rancangan bangun sistem injeksi pada sepeda motor berbahan bakar gas (wisanggeni), dapat menghasilkan pemasukan bahan bakar secara otomatis yang sesuai dengan kebutuhan Mesin berdasarkan penginderaan sensor-sensor yang digunakan paada sistem injeksi d'ECU.
2. Pada sistem injeksi d'ECU ini menggunakan tiga sensor sebagai pengindra kondisi engine agar bahan bakar gas di injeksikan sesuai kebutuhan engine. Tiga sensor tersebut adalah
 - TPS (Throttle position sensor), yang berfungsi sebagai pendeteksi pergerakan dari katup gas (Throttle Valve), sehingga bahan bakar dapat di injeksikan sesuai dengan banyaknya udara yang masuk kedalam mesin dan menghasilkan perbandingan yang stochiometri.
 - EOT (Engine Oil Temperature sensor), berfungsi untuk mendeteksi temperatur oli didalam mesin sehingga d'ECU dapat membaca saat mesin membutuhkan bahan bakar banyak ketika kondisi mesin dingin dan kembali normal saat mesin sudah dalam kondisi kerja.
 - MAP (manifold absolute pressure), berfungsi untuk mendeteksi tekanan udara didalam intake manifold. Cara kerjanya yaitu ketika sedang terjadi decelerasi pada engine, secara otomatis akan terjadi kevakuman didalam intake manifold,

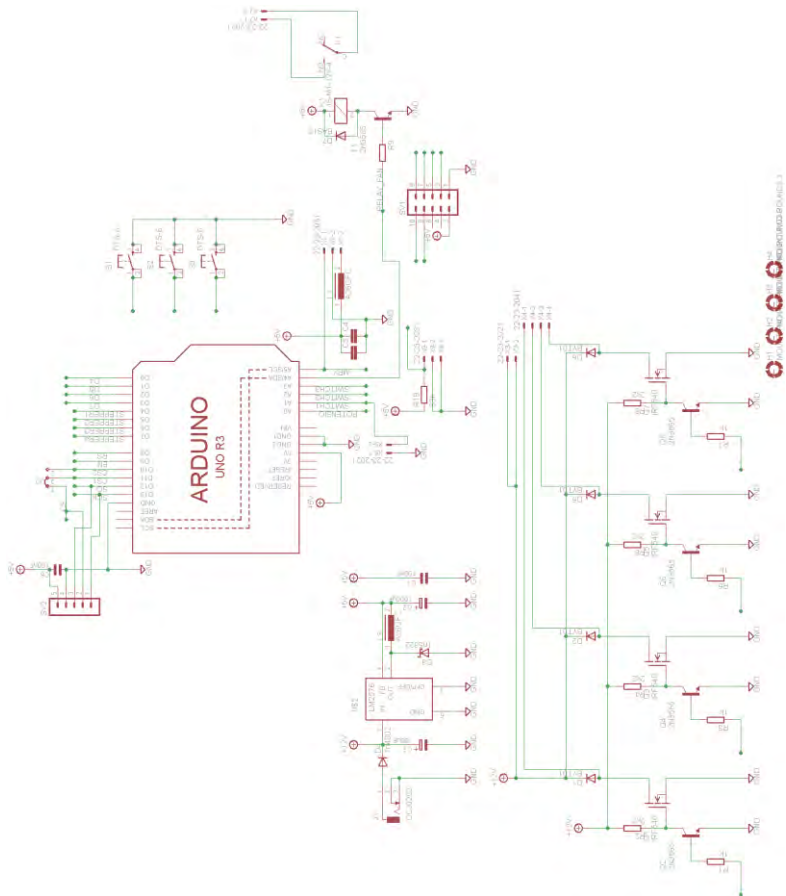
ketika kevakuman didalam intake manifold mencapai 0,5 bar kebawah, maka d'ECU akan memutuskan arus yang mengalir ke low pressure injektor, sehingga low pressure injektor akan menutup aliran bahan bakar secara sempurna sehingga konsumsi bahan bakar jadi lebih irit.

3. Untuk hasil uji jalan sepeda motor gas ini bisa mencapai kecepatan 0-80 km dalam waktu 22 detik, jadi untuk kecepatan sepeda motor wisanggeni ini hampir sama dengan sepeda motor berbahan bakar gasolin, tetapi untuk masalah efisiensi bahan bakar sepeda motor wisanggeni ini jauh lebih irit

5.2 Saran

1. Masih dibutuhkan banyak penyempurnaan dalam proses pengembangan sistem injeksi sepeda motor berbahan bakar gas menggunakan d'ECU ini.
2. Perlu perbaikan pada kendaraan, seperti kaki-kaki agar losses yang terjadi dapat diminimalisasi.
3. Perlu alat uji semacam Dynometer guna mempermudah pengambilan data dan dapat mengetahui secara spesifik kebutuhan bahan bakar.
4. Perlunya berbagai komponen yang original agar alat dapat bekerja dengan maksimal.
5. Jangan pernah menyerah dan berputus asa dalam pahit manisnya menuntut ilmu yang baru dalam hidup kita.

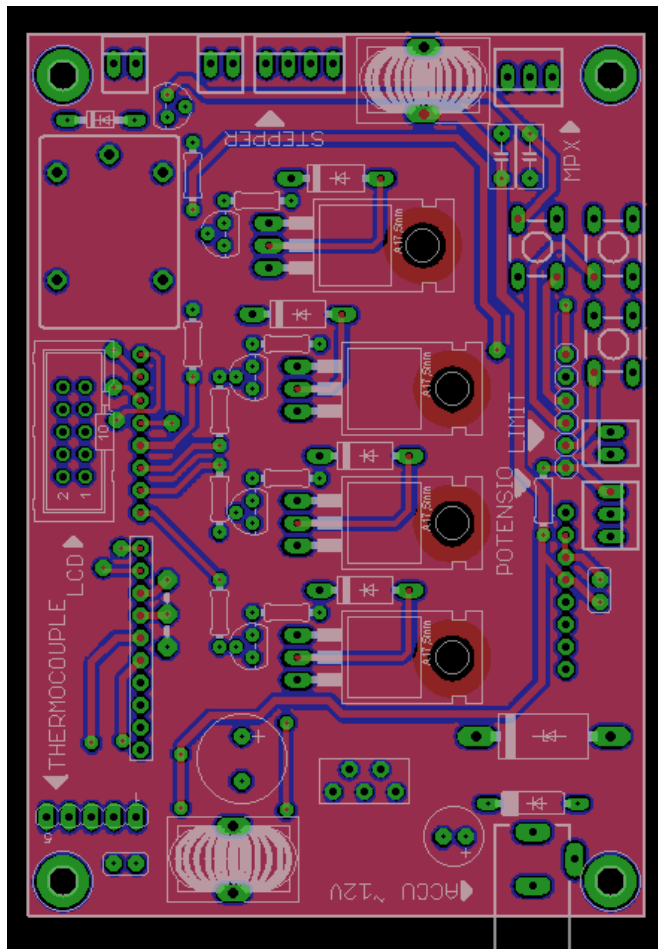
Lampiran 1. **Rangkaian d'ECU (Wiring Diagram)**



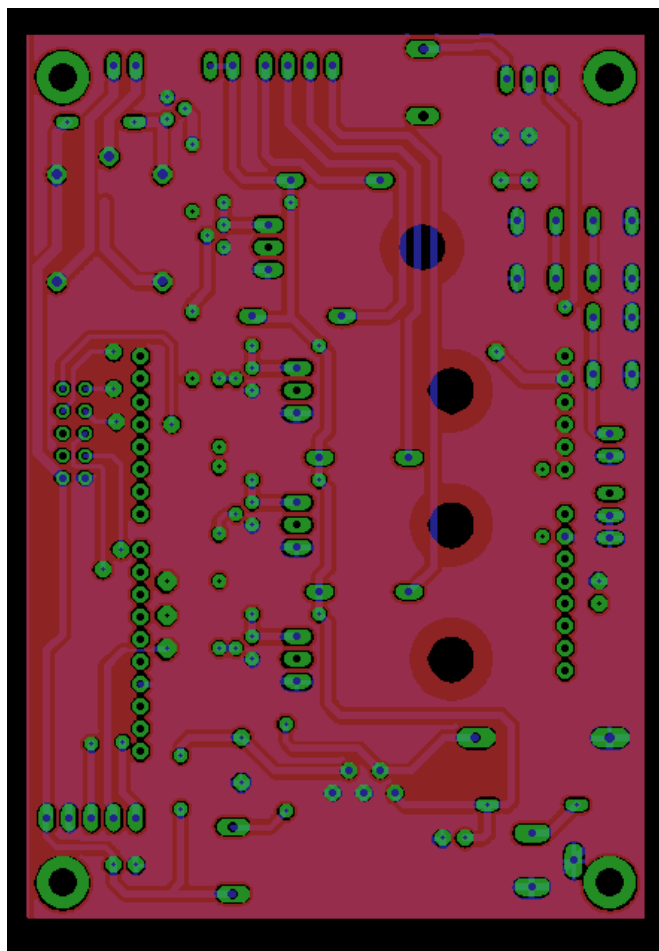
Lampiran 2. d'ECU



Lampiran 3.
d'ECU Layer Atas



Lampiran 4.
d'ECU Layer bawah.



Lampiran 5.
Arduino Uno.



Lampiran 6.
Catalog MAP Sensor.



MPX5100AP (Stock Code: 296-133) [datasheet](#) ([Report dead link](#))

Modul sensor tekanan udara yang telah dilengkapi dengan pengkondisi sinyal, kompensasi suhu dan telah dikalibrasi.

Spesifikasi :

- Catu daya : 5VDC
- Range tekanan : 0 - 100kPa (0 - 14,5 psi)
- Output tegangan : 0,2VDC - 4,7VDC
- Single Port
- Tipe pengukuran : Absolute (hasil pengukuran sudah ditambahkan tekanan atmosfer),
- Response time : 1ms

Stock


SURABAYA : **3** pcs

BANDUNG : **1** pcs

Standard Package=1 Qty : [Add to Cart](#)

Price		
Range	Rupiah	USD
1 - 9	Rp. 316.500,00	USD 27,05
10 +	Rp. 300.675,00	USD 25,70

Lampiran 7.
Catalog sensor TPS



Potentiometer 50K OHM Mono (Stock Code: 219-018)

Potensinometer dengan kapasitas resistansi 50K Ω

Stock

SURABAYA : 62 pcs & 1 pcs Inden 2 hari

BANDUNG : 1 pcs


YOGYAKARTA : 1 pcs *(hanya untuk pembelian di Toko)*

Standard Package=1

Qty :

Add to Cart

Price		
Range	Rupiah	USD
1 - 49	Rp. 2.900,00	USD 0,25
50 +	Rp. 2.700,00	USD 0,24



Potentiometer Slide 50K OHM (Stock Code: 219-024)

Potensinometer geser dengan nilai hambatan 50K Ω&Omega , Potensinometer geser yang cocok untuk aplikasi pengaturan volume suara ataupun ekualiser

Stock

SURABAYA : 2 pcs

BANDUNG : 3 pcs

Standard Package=1


Qty :

Add to Cart

Price		
Range	Rupiah	USD
1 - 49	Rp. 5.600,00	USD 0,48
50 +	Rp. 5.300,00	USD 0,46

Lampiran 8.

Catalog sensor EOT



Thermocouple Max6675 Modul

0 review

 | [Tulis review](#)

Kode Produk: MOD094
Ketersediaan: **Tersedia**

Harga: Rp.230.000,00
Tanpa Pajak: Rp.230.000,00

Jml: [BELI](#)

[Tambah ke Wish List](#)

[Bandingkan](#)

Features

- Working voltage: DC5V
- Operating Current: 50mA
- the temperature measuring range: -200°C ~ 1300 °C [Test procedure for 0-1023 °C]
- the temperature measurement accuracy: ± 1.5 °C
- the temperature resolution: 0.25 °C
- the output mode: SPI digital signal
- with a fixed mounting holes for easy fixed installation
- storage temperature: -50 ~ 150 °C
- the module weight: 4g
- module size: 25mm * 15mm * 13mm

Pin Arduino :

- Max6675 pin SO -> Arduino pin 8
- Max6675 pin CS -> Arduino pin 9
- Max6675 pin SCK -> Arduino pin 10

Package Include:

- 1pcs x Sensor module
- 1pcs x Thermocouple electrode

Lampiran 9. Spesifikasi Motor Stepper



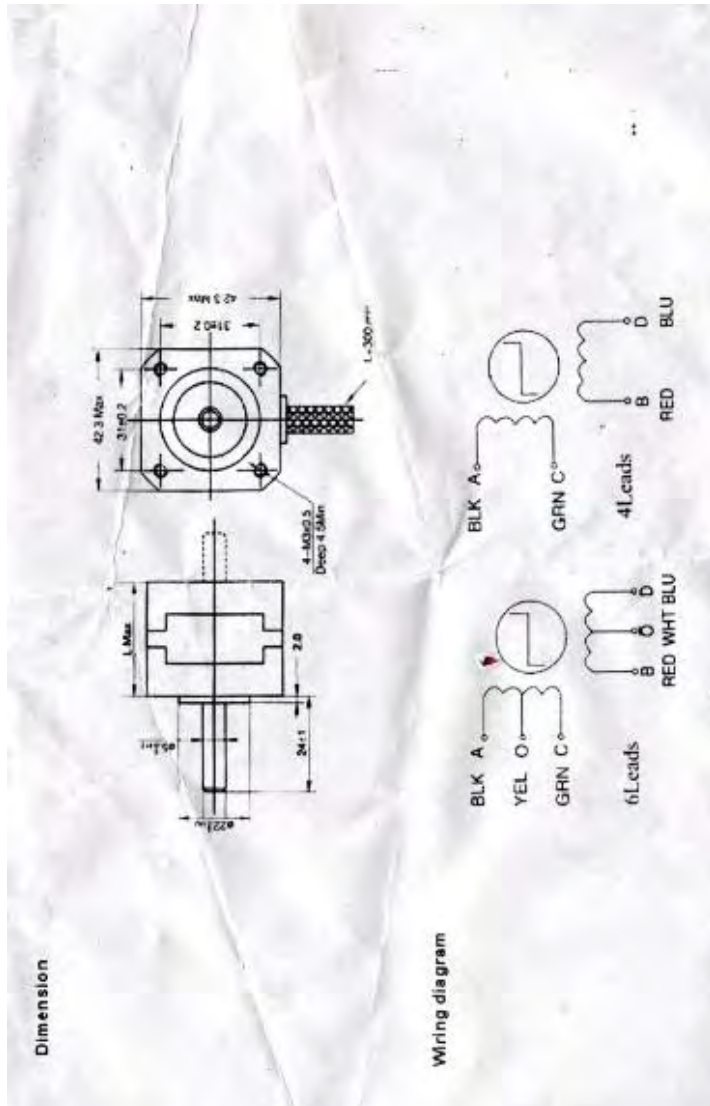
Step Accuracy	±5%
Temperature Rise	80°C Max
Ambient Temperature Range	-20°C~+50°C
Insulation Resistance	100M Ω Min-500V/CDC
Dielectric Strength	500V AC one minute

Specifications

Model	Step angle (°)	Motor length L(mm)	Rated Voltage (V)	Rated Current (A)	Phase resistance (Ω)	Phase inductance (mH)	Holding torque (g cm)	Lead wire (No)	Rotor inertia (g cm ²)	Detent Torque (g cm)	Weight (kg)
	1.8	34	12	0.16	75	42	950	5	34	200	0.2
	1.8	34	12	0.3	40	22	1250	6	34	200	0.2
	1.8	40	6.5	1.2	6	13	3000	4	54	220	0.26
	1.8	40	2.4	1.7	1.5	2.5	3600	4	54	220	0.26
	1.8	40	4.1	0.5	8	15	2600	4	54	250	0.32
	1.8	44	8.9	0.5	18	23	2900	6	50	250	0.32
	1.8	44	10	0.25	40	36	2000	6	50	250	0.32
	1.8	44	12	0.36	31.5	32	3000	6	50	250	0.32
	1.8	48	12	0.4	30	26	3800	6	68	260	0.36
	1.8	48	5.6	0.6	7	4	2600	6	68	260	0.36

Lampiran 9.

Dimensi dan Wiring Diagram Motor Stepper



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hady, Abdul. *Desain dan Implementasi Sistem Pengaturan Fuzzy untuk Waktu Pengapian pada Mesin Pengapian Busi*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro ITS. 2011.
- [2] Ilhami, Miftah. *Kajian Eksperimental Karakterisasi Unjuk Kerja Electronic Control Unit (ECU) Mega Squirt III Sebagai Referensi Pengembangan ECU Injeksi Sepeda Motor Gas*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin ITS. 2013.
- [3] Nurhadi, Hendro., Aziz, A.a. 2011. , *Optimization Tuning PID Controller for Closed-Loop SISO Systems using Impulse Response*, Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke-17. Yogyakarta, 16 Mei 2011.
- [4] Nurhadi, Hendro., Hadi, Syamsul., Subowo., Mursid, Mahirul., W, Agil. 2014. *Inovasi sepeda motor gas dengan sistem karburator dan injeksi menggunakan APR (Auto Pressure Regulator)*. Seminar Nasional Pascasarjana (SNPs) XIV 2014, ITS 2014.
- [5] Nurhadi, Hendro., Hidayatullah, R.A. *Perencanaan Sistem Hybrid dan Platform Autopressure Regulator LPG Gas 3 kg pada Sepeda Motor Manual 4 Gigi*. Seminar Nasional Metrologi dan Instrumentasi 2013, ITS, Surabaya, 24 September 2013.
- [6] Nurhadi, Hendro., Ilhami Miftah. *Karakteristik Platform Electronic Control Unit Mega Squirt III (ECU MS3) sebagai Referensi Pengembangan ECU Injeksi Sepeda Motor Gas*, Nasional Metrologi dan Instrumentasi 2013, ITS, Surabaya, 24 September 2013.

- [7] Nurhadi, Hendro., Sarsetyanto, joko., Nurdiansyah, Candra.
Kajian numerik pengaruh variasi injection timing terhadap performa engine guna optimasi aplikasi duel fuel solar dan LPG pada mesin diesel stasioner direct injection. Seminar Nasional Pascasarjana (SNPs) XIV 2014, ITS, Surabaya, 07 Agustus 2014.
- [8] Permana, Rizki. *Otomotif Electronic Fuel Injection.*
- [9] Ruswid. 2008. *Electronic Fuel Injection*
- [10] Sutantra, I Nyoman. 2001. *Teknologi Otomotif: Teori dan Aplikasinya.* Surabaya: Guna Widya
- [11] Wicaksono, Agil. (2013). *Rancang Bangun Auto Pressure Regulator (APR) dan Gas Level Indicator LPG 3 Kg Pada Sepeda Motor Gas Wisanggeni.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

BIOGRAFI



LUHUR BUDINURMANTO, lahir di Magetan pada tanggal 18 Juni 1993 dan memiliki nama panggilan Luhur. Penulis memiliki ayah yang bernama Djamal dan ibu bernama Disah. Kakaknya, Jasa Utamy adalah seorang bidan di salah satu rumah sakit di Magetan dan adiknya, Panggih Wahyu Utomo adalah seorang mahasiswa di Universitas Negeri Surabaya.

Waktu masih balita penulis ikut bersama kakek dan neneknya dimagetan, kemudian Sejak SD hingga SMP penulis jalani di Lamongan ikut bersama kedua orangtuanya, kemudian pada saat Menginjak bangku SMK penulis sekolah di luar kota yaitu di SMKN 1 Tuban dan tinggal di Tuban, dan pada saat jenjang perguruan tinggi penulis menempuh studi di Institut Teknologi 10 Nopember, pada jurusan D3 Teknik Mesin. Selain disibukkan pada bidang akademik, penulis juga menjalani beberapa aktifitas antara lain; Staff Divisi Riset dan teknologi (Ristek) HMDM FTI-ITS 2012-2013, dan Asisten Laboratorium Mekatronika D3 Teknik Mesin.

Email : budinurmantluhur@gmail.com

Facebook : Luhur Budi N

Twitter : @Lb_nurmant